أسْرعُ مِن سُرعةِ الضَّوء

FASTER THAN THE SPEED OF LIGHT

قِصَّةُ نظريَّةٍ عِلميَّةٍ مُفترضة

THE STORY OF A SCIENTIFIC SPECULATION

جواو ماگيويجو

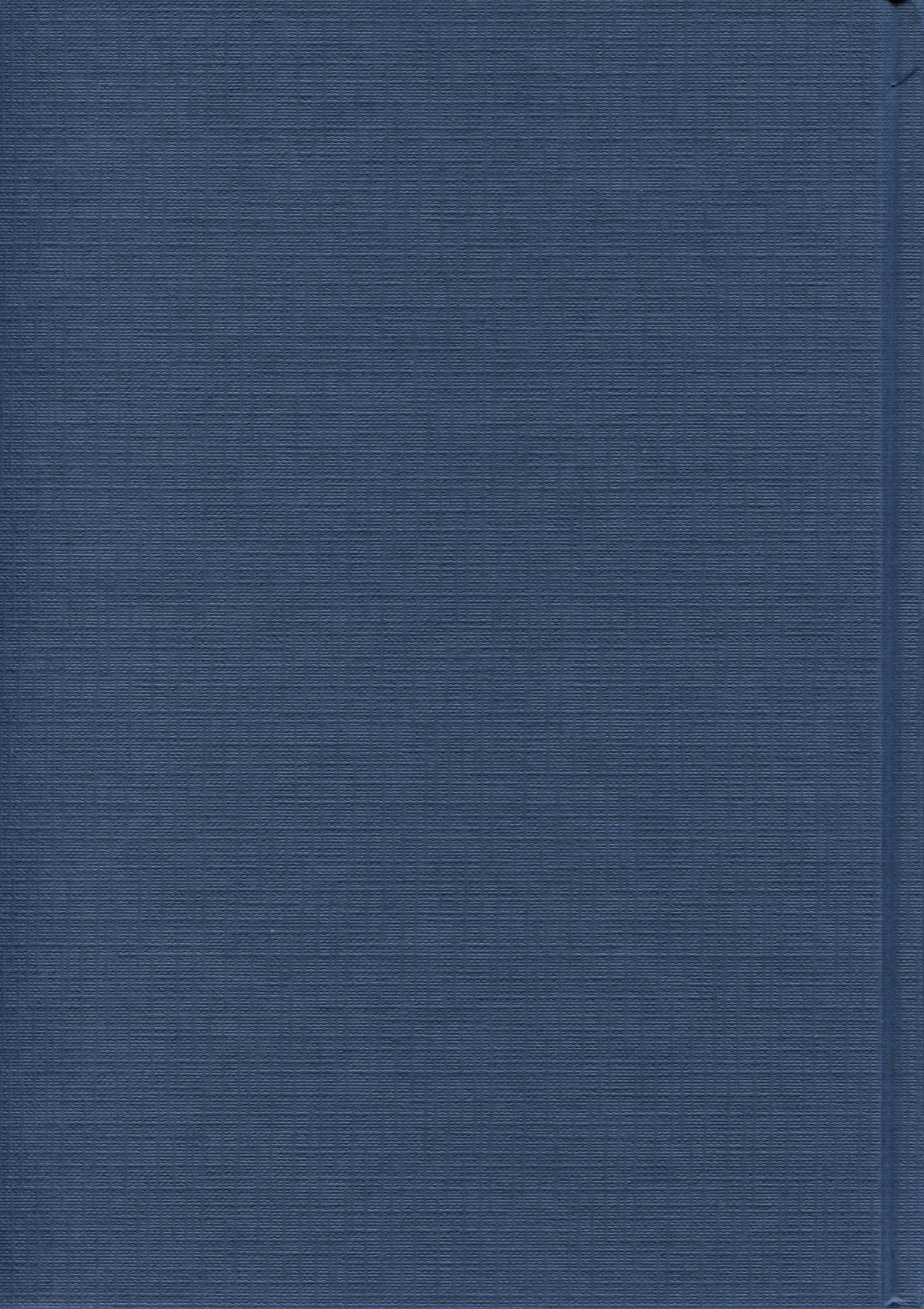
JOÃO MAGUEIJO

ما إن قُيِّض لهذا الكتاب الظهورُ حتى بات من أكثر كُتُبِ السنة إثارةً للجدل والمحاجَة والتفنيد؛ فهو يروي قصّة فكرةٍ مثيرةٍ تتنكَّب المألوف، أطلقها فيزيائيٌّ شابٌّ لامع، قد تزيح أينشتاين عن عرش مُلكه، وتغيِّر ــ جذرياً وإلى الأبد ــ أسلوبَ نظرتنا إلى الكون.

حسبك أن تنطق بكلمة «ضوء» في سياقٍ فيزيائي، ليردِّد الناسُ معظمهم المبدأ الراسخ: أن لا شيء أبداً أسرع من سرعة الضوء. وهذا حق؛ فما من شيء أسرع منها البتة. غير أنَّ للضوء خَصِيصَةً أخرى مذهلةً أحاطها أينشتاين بهالةٍ مصونة في نظريته النسبية الخاصة، مفادها أن الضوء ينتقل بسرعةٍ واحدة فقط، لا تتغيَّر ولا تتبدَّل، وذلك من ثوابت الطبيعة التي تعدّ مقدّسة، ومن أُسُسِ الفيزياء الحديثة المسلَّم بصحّتها. لكن ماذا لو قيل إنها خاطئة؟

في كتابه هذا: أسرع من سرعة الضوء، يقدِّم جُواو ماگيويجو (وهو المتخصّص في الفيزياء النظرية من جامعة كامبردج) افتراضاً استثنائياً يقول: إن الضوء قد انتقل فيما مضى بسرعةٍ أكبر من سرعته المعروفة لنا اليوم، ذلك في البدايات المبكِّرة من نشأة الكون الفتيّ.

ما الذي يحمل شخصاً في مقتبل الثلاثينيات من عمره، توفَّرت له كل المقوِّمات التي تؤذِن بمستقبلٍ مهنيٍّ واعدٍ أمامه، على أن يخاطر بمكانته فيما يبدو أنها فكرة حمقاء تنافي قوانين ألبرت أينشتاين؟ يبيِّن ماگيويجو في كتابه الطريف الرائد هذا أن التفاوتَ الذي يفترضه في سرعة الضوء يحُلُّ عدداً من المشكلات المستعصية في علم الكون. ففي حين أن من الحقائق المقرَّرة المقبولة أن الكون قد بدأ بـ«انفجار عظيم»، ما زالت ثمة جوانب من الكون مستغلقةً على التفسير، وهي مفارقاتٌ مذهلةٌ حيَّرت عقول العلماء لعقودٍ من الزمان، ومع ذلك فإنها سرعان ما تُحَلُّ جميعاً بنقلةٍ بارعةٍ واحدة باعتماد فكرة التفاوت في سرعة الضوء. كذلك قد يكون لهذه الفكرة آثارها المدهشةُ حقاً فيما يتَّصل بارتياد الفضاء والثقوب السوداء وتمدُّد الزمن ونظرية الأوتار. ومن عَجَبٍ أن فكرة السرعة



أسرع من سرعة الضوء

أسرع من سرعة الضوء

FASTER THAN THE SPEED OF LIGHT

قصةُ نظريةٍ علميةٍ مُفْتَرَضَة

THE STORY OF A SCIENTIFIC SPECULATION

جُواو ماگيويجو

JOÃO MAGUEIJO

تعريب

سعيد محمد الأسعد

الحوار الثقافي

شركة الحوار الثقافي ش.م.م.
AL-Hiwar Athaqafi (Intercultural Dialogue) s.a.r.l.
يونسكو سِنتر، شارع ڤردان، بيروت، لبنان
ص.ب. 6750 _ 13 _ فاكس 718 790 _ 1 _ 961+
البريد الإلكتروني info@interculturalbooks.com
http://www.interculturalbooks.com

Original title:

FASTER THAN THE SPEED OF LIGHT

The Story of A Scientific Speculation

ماگيويجو، جُواو
أَسرع من سرعة الضوء: قِصَّة نظريَّة علميَّة مُفْتَرَضَة
سعيد محمد الأَسعد: تعريب
مجلّد ISBN 9953-67-009-9
1. قِصَّة توقُّعات مثيرة في الكون
تنضيد الحروف والإخراج: محمد نبيل جابر
طبع في لبنان
الطبعة العربية الأولى 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

إن الكتب التي نُصدِرُها لا تُعبِّرُ بالضَّرورة عن رأينا، وإنما قصدنا من نشرها نَقل ما فيها، بامانة، إلى القارئ العربي حتى يُسْهِمَ بِدَوْرِهِ في «الحوار الثقافي».

المحتوى

تنبيه: لقد استعملنا حرف گ للتعبير عن حرف G منعاً للإشكال بين ج المصريّة التي تقابلها غ في بلاد عربية أُخرى، نحو: ريگان بدلاً عن ريجان أو ريغان؛ وپنتاگون بدلاً عن پنتاجون أو پنتاغون؛ وإنگلترة بدلاً عن إنجلترة أو إنكلترة.

أسرع من سرعة الضوء



1 سخيف جداً

أنا فيزيائي بحكم مهنتي، متخصّص في الفيزياء النظرية، وباحثٌ مؤهَّل بكل المقاييس. بضاعتي دراساتٌ عليا ودرجة دكتوراه من كامبردج Cambridge، تلتها عضوية زمالةٍ مرموقةٌ في كلية القديس جون بكامبردج (وهي الزمالة التي نالها من قبل پول ديراك Paul Dirac وعبد السلام Abdus Salam)، ثم زمالة في البحث العلمي في الجمعية الملكية. أعمل حالياً محاضِراً (أي ما يعادل منصب أستاذ دائم في الولايات المتحدة) في جامعة إمپريال كولِدج Imperial College بلندن.

أقول ذلك مباشرة ودون مقدمات لا بغية التبجُّح، بل لأن هذا الكتاب يعالج رؤيةً علميةً استثنائيةً أثارت جدلاً وخلافاً؛ فليس في نواميس العلم ما هو أرسخُ وأثبَتُ من نظرية أينشتاين النسبية. ومع ذلك ففكرتي لا تقنع من التحدّي بما هو دونها؛ فقد ذهبتُ فيها أبعد مذهبٍ قد يُنظَر إليه على أنه محض انتحارٍ مهنيٍّ يُقْدِم عليه فيزيائي. لذلك لم يكن مستغرَباً أن تستعمل إحدى الصُّحف العلمية الرائجة كلمةَ «هرطقة» Heresy عنواناً لمقالةٍ عن كتابي هذا.

إنَّ كثرة استعمال كلمة «الحَدْس» أو «الظنّ» أو «الافتراض» *speculation* لاستبعاد أفكارٍ غير مقبولة لدى المرء، قد يحمله على الاعتقاد بأن ليس للحَدْس دورٌ في العلم. والحقيقة أنَّ العكس هو الصواب. ففي ميدان الفيزياء

النظرية، ولاسيما في مجال علم الكون الذي أعمل فيه، أُنفق وزملائي معظم أيامنا ونحن نحاول انتقاد النظريات السائدة وتَسَقُّط عيوبٍ فيها، ثم دراسة النظريات الجديدة القائمة على الظنّ والحَدْس، التي يمكن أن تستوعب المعطياتِ التجريبيةَ بصورة أفضل. وقد عُرِف عنّا أنّا نرتاب في كل ما طُرِح في الماضي من نظريات، ونقدِّم خياراتٍ جريئةً بديلة، ونستمر في المناقشة وتبادل الآراء إلى ما لا نهاية، بعضُنا مع بعض.

وقد صار هذا الأسلوب ديدني عندما غدوتُ طالبَ دراسات عليا في كامبردج سنة 1990، وأدركتُ فوراً أن عليَّ - بحكم كوني دارساً في العلوم النظرية - أن أقضي أغلب أوقاتي متآثراً مع أقراني: فكان الزملاء أحياناً يحلّون محلّ التجارب في المناقشات. وفي كامبردج كانت تُعقد لقاءاتٌ أسبوعيةٌ غير رسمية كنّا نتبادل فيها وجهات النظر في كل ما كان يشغل بالنا. وكان أيضاً ثمة ما يسمى باجتماعات علم الكون المتنقّلة التي تغطي كامل المملكة المتحدة، يلتقي فيها أفرادٌ من كامبردج ولندن وسُسِّكْس Sussex لدراسة مشروعاتٍ تهمّهم وتحيّرهم. وعلى المستوى اليومي كان مكتبي بجوّه غير الرسمي، الذي يُشاركني فيه خمسة أشخاصٍ آخرون على خلاف دائم يتصايحون في جدل متواصل لا يكاد يفتر.

وكانت تلك الجلسات تقتصر أحياناً على مناظراتٍ ذات صبغةٍ عامة، كأن تنصرف إلى مناقشة مقالةٍ بحثيةٍ تقدَّم بها أحدهم حديثاً؛ وقد تختلف عن ذلك أحياناً أخرى، فكنا نخرج من الغرفة، لا لنبحث في الأفكار الجديدة المستمدّة من نتائج التجارب أو الحسابات الرياضية أو عمليات محاكاة الكومبيوتر، بل للاستغراق في التأمُّل والافتراض، أي للبحث في أفكارٍ لا تستند إلى عملٍ تجريبي منهجي أو حسابٍ رياضي رصين، وإنما هي مجرَّد خواطر تدغدغ أذهاننا، انطلاقاً من معرفة عامة في الفيزياء النظرية.

إنها متعةٌ حقيقية أن تفعل ذلك، ولاسيما عندما تثوب إلى نفسك فجأة

فتصفع جنبيك بيدك ــ بعد طول أخذٍ وردّ تتمكن في نهايته من أن تقنع مَنْ حولك بصحة رأيك ــ مُدركاً أنَّ خللاً بسيطاً جداً قد أفسد عليك تأمُّلك، وأنَّ كل ما كنتَ تقوم به خلال الساعة الماضية ليس إلا تضليلاً للمحاضرين جميعاً، أو العكس: لقد كنتَ أنت ضحية تضليلٍ واحتيالٍ سخيف نتيجة خللٍ في حدس شخصٍ آخر.

فلا غرو أن يولِّد هذا الجوُّ المشحون بالجدل والنقاش ضغطاً كبيراً على طالب دراساتٍ عليا مستجدّ. وقد يبلغ هذا الضغط حدّاً مخيفاً بنوع خاص عندما يتّضح، في غمرة نقاشٍ ما، أن هناك مَن يفوقك براعةً وحذقاً إلى حدٍّ بعيد يجعلك عاجزاً تماماً عن الثبات، وخارج نطاق مقدرتك. وجامعة كامبردج، بكل طبقات هيئتها التدريسية الدائمة، لا تعوزها الشخصياتُ اللامعة والألمعية ممَّن يحبّون التباهي ولفت الأنظار، أولئك الذين لا يكتفون بتقديم الدليل على أنك على خطأ، بل يجعلونك تدرك كذلك كم هي تافهة تلك النقطة التي كبوتَ عندها، وأنها لا يمكن أن تفوت طالباً مبتدئاً متوسط القدرة في سنته الأولى من جامعة كامبردج دون كبير مشقة. وبقدر ما كانت تلك المعاناة مثيرةً لأعصابي لم تكن أبداً لتوهن عزيمتي أو تفتَّ في عضدي، بل كانت حافزةً لي على الاستمرار، وعلى الشعور بأني، ما لم أُفكّر بأمرٍ مهمّ جديد ومبتكَر، فلن أجد لنفسي مكاناً في المجتمع.

ومن الموضوعات التي كثيراً ما كانت تُثار في تلك اللقاءات مسألة التوسُّع الكوني inflation، وهي من أكثر المفاهيم شيوعاً في علم الكون الحديث، وهو فرعٌ من الفيزياء يسعى إلى استكناه إجابات عن تساؤلاتٍ كثيرة عميقةٍ من قبيل: ما هو منشأ الكون؟ وكيف ظهرت المادةُ إلى الوجود؟ وكيف ستكون نهايةُ الكون؟ ومن المعلوم أنَّ مثل هذه التساؤلات كانت لزمنٍ طويل مرتبطةً بالدِّين والأساطير والفلسفة. أما اليوم فقد وجدتْ لها تفسيراً علمياً يتمثل بنظرية الانفجار العظيم Big Bang التي تفترض كوناً متمدِّداً وُلِدَ من انفجارٍ هائل.

والتوسُّع الكوني نظريةٌ كان أول من أطلقها آلن گوث Alan Guth وهو فيزيائي متميّز من معهد مَساتْشُسِتْسْ للتكنولوجيا MIT. ثم أُدخلت عليها تعديلاتٌ على أيدي ثُلَّة من علماء آخرين، استجابةً لما نسمّيه ـ نحن الفيزيائيين النظريين ـ «المشكلات الكونية». وعلى وجه التخصيص، فإنَّ كل باحثٍ في علم الكون اليوم يتقبَّل الفكرة القائلة إنَّ الكون قد بدأ بانفجارٍ عظيم؛ ومع ذلك فثمة جوانب من الكون لا يمكن تفسيرها استناداً إلى نظرية الانفجار العظيم هذه كما نفهمها نحن اليوم. هذه المشكلات ـ باختصار ـ تتصل بالواقع المتمثِّل في أنَّ نموذج الانفجار العظيم نموذجٌ غير مستقر، لا يمكنه الاستمرار كما نراه اليوم إلا إذا رُسِمت حالته الابتدائية الأولى، عند لحظة الانفجار العظيم، بدقةٍ بالغة. وبغير ذلك سرعان ما تتطوّر الانحرافات الطفيفة ـ من الوجهة السحرية للانحراف ـ إلى طامةٍ كبرى (كاندثارٍ مبكّرٍ للكون). ولا بد لهذه الحالة الابتدائية البعيدة الاحتمال أن «تُدخَل باليد» لا أن تُستمَدَّ من أيّ عمليةٍ فيزيائيةٍ مادّية قابلة للحساب. وقد وجد علماء الكون أنَّ ذلك غير كافٍ أبداً.

تقضي نظرية التوسُّع بأنَّ الكون الفتيَّ في مراحل نشأته الأولى قد توسَّع بسرعة أكبر بما لا يُقاس من سرعة توسُّعه الحالية (حيث صار حجمهُ متمدِّداً تمدُّداً انفجارياً). ونظرية التوسُّع توفِّر خير جواب عن هذه المشكلات الكونية، وعن السبب الذي يجعل الكون يبدو بالمظهر الذي يبدو عليه اليوم؛ بل إنَّ هناك من الأسباب ما يبعث على الاعتقاد أنها ربما كانت هي الضالَّة التي تحمل الجواب الصحيح. على أنَّ دليلاً تجريبياً على التوسُّع لم يتوفّر بعد، وهذا يعني ـ وفقاً لأشد المعايير العلمية صرامة ـ أنَّ التوسُّع الكوني في حدّ ذاته ما زال في حدود الظن.

وبرغم أنَّ ذلك لم يمنع إقبال معظم العلماء على هذه النظرية، فإنَّ أوساط الفيزياء النظرية البريطانية لم تبلغ مبلغ الاعتقاد الجازم أنَّ نظرية التمدُّد تمثِّل الجواب. سمِّ ذلك ما شئت: سمِّه غلوّاً (علماً أنَّ النظرية أطلقها أمريكي)، أو

سمِّه عناداً أو تصلُّباً، أو سمِّه إن شئت عِلماً؛ فأياً تكن التسمية، ما إن ينعقد أحد هذه الاجتماعات ويتحلّق المؤتمرون طاولة البحث، حتى كان يبرز ـ بالضرورة ـ موضوعُ التوسُّع، ويسود النقاشَ اعتقادٌ أنَّ نظرية التوسُّع كما فهمناها لم تكن لترقى إلى مستوى القدرة على حلّ مشكلاتٍ كونيةٍ معيَّنة بالغة الأهمية.

لم أكن في البداية أُولي هذا القدر من التفكير لقضية التوسُّع، ذلك لأنَّ خبرتي تتَّجه إلى مجال آخر مختلف نوعاً ما: العيوب الطبولوجية، وهي تفسيرٌ لنشأة المجرّات وسواها من بُنى الكون. (لهذه العيوب صلة مشتركة بالتفسير الانفجاري لهذه البُنى، لكن من المؤسف أنها قاصرة عن تفسير المشكلات الكونية.) لكنني بعدما سمعتُ مراراً وتكراراً أنَّ ليس لفكرة التوسُّع أساسٌ البتة في فيزياء الجُسيمات المعروفة لنا، وأنَّ التوسُّع لم يكن أكثر من نجاح أمريكي على الصعيد العام (مع إدراك الطبيعة البشرية دوماً)، بدأتُ أنا أيضاً بالتفكير بإيجاد تفسيراتٍ بديلة.

وقد لا يكون واضحاً لغير الخبير المتمرِّس السببُ في أن التوسُّع قد يحلُّ المشكلات الكونية؛ بل وأقل وضوحاً السبب في صعوبة حلِّها دون الرجوع إلى التوسُّع. إلا أنَّ الصعوبة الكبرى ماثلةٌ لعالِم الكونيات المحنَّك، وواضحة إلى درجة أنَّ أحداً لم يفلح في الوقوع على نظريةٍ بديلة. لقد كسبتْ نظريةُ التوسُّع تلقائياً. وكنتُ لسنواتٍ كثيرة أُفكِّر ملياً في إمكان وجود طريقةٍ أُخرىٰ، مهما كانت، لحلّ المشكلات الكونية.

كنتُ قد أصبحتُ في سنتي الثانية زميلاً في كلية القديس جون (والسادسة مقيماً في كامبردج) عندما تراءى لي يوماً أنَّ الإجابة قد هبطت عليَّ من السماء. كان صباحاً ماطراً كئيباً (الطقس الإنكليزي المعهود) وكنتُ أسير عابراً الملاعب الرياضية للكلية أُداري آثار الإسراف في الشراب، عندما أدركتُ فجأةً أني لو تسنّى لي الخروج على قاعدةٍ واحدةٍ بسيطة للُعبة ـ وإن كانت مقدَّسة ـ لأمكنني

حلُّ هذه المشكلات دون الرجوع إلى نظرية التوسُّع. الفكرة بسيطةٌ جداً، وأبسط من نظرية التوسع. إلا أني شعرتُ فجأة بالقلق والتحسُّب من عرضها كتفسير؛ فهي تنطوي على شيء يُقارب الجنون بالنسبة إلى عالِم متمرِّس. إنها تمسُّ جَوهَر الفيزياء الحديثة في أرسخ قواعدها الأساسية: أنَّ سرعة الضوء سرعةٌ ثابتة.

ولو كان على كل تلميذٍ ألا يتعلّم إلا أمراً واحداً عن أينشتاين ونظريته النسبية، لكانت تلك المعلومة حتماً أنَّ سرعة الضوء في الخواء ثابتة(*). فالضوء في الخواء ينتقل بالسرعة نفسها بقطع النظر عن ظروف انتقاله. وهو مقدارٌ ثابت يرمز إليه الفيزيائيون بالحرف C وتبلغ قيمته 300،000 كيلو متر في الثانية (أو 186،000 ميل في الثانية بالتعبير الأمريكي). وسرعة الضوء عماد علم الفيزياء، والركيزة الراسخة التي تنبني عليها كلُّ النظريات الكونية الحديثة جميعاً، والمقياس المعياري الذي تُقاس عليه ظواهر الكون كافة.

في سنة 1887، وفي واحدة من أهم التجارب العلمية على الإطلاق، تمكَّن العالِمان الأمريكيان ألبرت مايكلسن Albert Michelson وإدوارد مورليEdward Morley من إثبات أنَّ السرعة الظاهرية للضوء لا تتأثر بحركة الأرض. وكانت هذه التجربة مُحرجة جداً للجميع آنذاك؛ إذ ناقضت الفكرة التي تمليها الفطرة السليمة من أنَّ السرعات تتزايد دوماً. فإنَّ صاروخاً يُطلق من طائرة محلِّقة ينتقل بسرعة أكبر من سرعة صاروخ يُطلَق من الأرض، لأنَّ سرعة الطائرة تزيد من سرعة الصاروخ. ولو رمينا جسماً إلى الأمام على قطارٍ يتحرك، كانت سرعته بالنسبة إلى رصيف المحطة هي سرعة ذلك الجسم مُضافاً إليها سرعة القطار. وقد يُظَن أنَّ الأمر ذاته ينطبق على الضوء، حيث ينتقل وميض

(*) بتسليط الضوء من خلال موادَّ مناسبة، يمكن إبطاء سرعته أو إيقافها، بل وحتى تسريعها إلى حدٍّ ما. وهذا لا يتناقض والافتراضَ الأساسي لنظرية النسبية، الذي يتعلق بسرعة الضوء في الخواء.

ضوءٍ يصدر عن قطار بسرعة أكبر؛ وليس الأمر كذلك استناداً إلى نتائج تجارب مايكلسن ـ مورلي: ينتقل الضوءُ دوماً بسرعةٍ ثابتةٍ لا تتغيَّر أبداً. وهذا يستتبع أني لو أخذتُ شعاع ضوء وطلبت إلى عدة راصدين يتحرّكون، أحدهم بالنسبة للآخر، قياسَ سرعة هذا الشعاع، لاتَفقوا جميعاً على سرعةٍ ظاهريةٍ واحدة!

وجاءت نظرية أينشتاين النسبية الخاصة (سنة 1905)، في جزءٍ منها، استجابةً لهذه النتيجة المذهلة؛ فما أدركه أينشتاين هو أنه لو لم تتغيَّر قيمة الثابت c لترتَّب على ذلك أنَّ شيئاً آخر يجب أن ينهار، ذلك الشيء هو مفهوم المكان والزمان العامّ اللامتغيِّر، وهذا مخالفٌ للبداهة. وفي حياتنا اليومية يُنظَر إلى المكان والزمان على أنهما يتَّصفان بالشمولية وعدم المرونة. أما أينشتاين فرأى في المكان والزمان (أو الزمكانSpace-Time) شيئاً قابلاً للانثناء والتغيُّر، يتمدَّد ويتقلص تبعاً لحركات النسبية للراصد والمرصود، في حين أنَّ الجانب الوحيد الذي لا يتغيَّر من الكون هو سرعة الضوء.

ومنذ ذلك الحين أضحىٰ ثباتُ سرعة الضوء جزءاً لا يتجزَّأ من صُلب نسيج علم الفيزياء، وطريقة كتابة المعادلات الفيزيائية، وحتى جملة الرموز المستعملة. فلا جَرَمَ بعد ذلك أن ادعاء «تغيُّر» هذه السرعة أمرٌ غير واردٍ أصلاً في مفردات الفيزياء اليوم، بعدما أثبتت مئات التجارب صحَّة هذا المبدأ الأساسي، وأمست نظرية النسبية بحدّ ذاتها محور إدراكنا لآلية عمل الكون برمّته، في حين أن فكرتي تنادي بخلاف ذلك تماماً: فهي نظريةٌ في «السرعة المتغيِّرة للضوء».

ورحتُ أفترض وأحدس بصفةٍ خاصة احتمال أن تكون سرعة الضوء في المراحل الأولى من نشأة الكون أكبر منها اليوم. وقد أذهلني أن أجد أنَّ هذه الفرضية تحلُّ على الأقل جزءاً من المشكلات الكونية دون الرجوع إلى نظرية التوسُّع. بدا لي بالفعل أنَّ حلَّها مؤكَّد في ظل نظرية تفاوت سرعة الضوء. وبدا لي كأنَّ ألغاز الكون القائم على فكرة الانفجار العظيم تحاول أن تبلّغنا بالضبط

أنَّ سرعة الضوء كانت أكبر بكثير في باكورة الكون الفتي، وأنه كان لابد لعلم الفيزياء في بعض أبسط أساسياته أن يعتمد على بُنيةٍ أغنىٰ من نظرية النسبية.

وعندما طرحتُ حلّي للمشكلات الكونية أولَ مرة للمناقشة، سادَ صمتٌ يدل على ارتباكٍ وبلبلة، وكنتُ أُدرك أنَّ أمامي عملاً كبيراً يترتَّب عليَّ إنجازه قبل أن تستطيع فكرتي تحقيق شيءٍ من القبول، وأنَّ فكرتي ستبدو غريبةً ومُستهجَنة تماماً، لكني كنتُ متحمِّساً لها. وعندما أَعلمتُ بها أحد أخلص أصدقائي (وهو فيزيائي يحاضر حالياً في جامعة أُكسفورد) لم أكن أنتظر منه استجابةً فاترة؛ لكن ذلك ما كان: فلم أحظَ حتى بتعليق، لا لأكثر من صمتٍ تبعته همهمةٌ حذرة. وبرغم محاولاتي الجاهدة لم أستطع استدراجه ليُناقشني فكرتي بالأسلوب الذي يتَّبعه العلماء النظريون في مناقشة أكثر آرائهم جموحاً.

وخلال الشهور القليلة التالية كنتُ كلما تحدَّثتُ بفكرتي إلى الناس من حولي حصلتُ على استجابات شبيهة بما سبق. كانوا يكتفون بهزّ رؤوسهم، وفي أحسن الأحوال يقولون: «اسكت ولا تَكُنْ أحمق»، وفي أسوئها يأخذون موقفاً مُلْتَبِساً لا يدل على توجُّه معيَّن ـ على الطريقة البريطانية ـ قائلين: «أوه، ليس لديَّ أدنى فكرة عن ذلك». وعلى مدىٰ السنوات الست الفائتة طرحتُ للنقاش أكثر ما يحقّ لي طرحه من الرؤىٰ المتطرفة، ولم أُقابَل حيالها بهذا النوع من الاستجابة قطّ. لكنني لما بدأت أَسِمُ فكرتي هذه بالحروف VSL (وهي اختصارٌ للعبارة الإنكليزية Varying Speed of Light التي تعني «السرعة المتغيّرة للضوء») خرج أحدهم عن صمته وقال: إنَّ هذه الحروف ترمز إلى الكلمتين: «سخيف جداً» Very Silly.

ولا يصحّ بحال أن تعدَّ ما يحدث في اجتماعاتٍ كهذه جرحاً لمشاعرك، فإنَّ أيسر السُّبل للانفعال في العلم يكمن في أخذ ما تسمعه من تحدّياتٍ لأفكارك ومواقفك على محمل الإهانة الشخصية، وذلك يشمل حتى تلك التحدّيات التي يُعبِّر عنها أصحابها بالازدراء والحقد، وحتى المواقف التي تكون

فيها على يقين من أنَّ الناس من حولك ينظرون إليك نظرتهم إلى مخبولٍ أو مجنون. ذلك هو العلم: كل فكرةٍ جديدةٍ هراءٌ لا معنىً لها إلىٰ أن يُكتب لها اجتياز مرحلة تحدٍّ ونقدٍ لا هوادة فيها. ومع كل ذلك فإنَّ الدافع من فكرتي كان بالضبط شكّي بجدوى نظرية التوسُّع من حيث هي.

وبقطع النظر عن عدد أولئك الذين عدّوا فكرةَ السرعة المتغيِّرة للضوء حماقة، ما انفكّت الفكرة محلَّ احترامي وولائي؛ يزداد حُبّي لها وتمسُّكي بها كلما ازداد تأمُّلي فيها. ولهذا عزمت أن أقوم لها وأصمد دفاعاً عنها وأنظر إلامَ تُفْضي.

وغَبَرَ حينٌ من الدهر ولم تُفضِ بي إلى شيء. لكن هذا واردٌ في العلم؛ فلا ينهض مشروعٌ إلا إذا توفَّر له الفريق الملائم الذي يعمل أفراده يداً واحدة. انظرْ إلى مُنجزات العلم الحديث تَرَ أنها ما تحقَّقت إلا بالتعاون. وما كنتُ في أمسّ الحاجة إليه آنئذٍ هو الشخص المناسب المتعاون. أما عملي وحيداً فقد كان كمن يدور في حلقةٍ مُفْرَغَة حول تفاصيل ليست في صلب الموضوع، ولا تتألف منها جملةٌ متماسكةٌ ذات معنى. وكان هذا الأمر كله قميناً بأن يدفع بي إلى حافة الجنون.

ومع ذلك، فقد كانت أبحاثي الأخرى تسير على ما يُرام. وكم كان سروري عظيماً بعد نحو عامٍ من ذلك أن أُمنح لقب الزمالة fellowship في الجمعية الملكية، وهو أكثر منازل البحث مطلباً في بريطانيا، وربما في أي مكان، إذ يتوفر لك في ظلّه المالُ والحماية مدة قد تصل إلى عشر سنين، إضافةً إلى حرّيةٍ مُطْلَقَةٍ في التصرُّف والحركة. وعند هذه المرحلة أحسستُ أني قد أخذت حظّي من كامبردج، وأنَّ الوقت قد حان للانتقال إلى مكانٍ مختلف. وبسبب محبّتي للمدن الكبرى، فقد وقع اختياري على جامعة إمپريال كولِدج في لندن، وهي من الجامعات الأولى في الفيزياء النظرية.

هناك، كان آندي ألبرخت Andy Albrecht وهو عالِم الكونيّات الأول في

جامعة إمپريال كولِدج حينذاك. ومع أنه واحد من مُبدِعي نظرية التوسُّع، فقد كان يراوده منذ سنواتٍ هذا السؤال: هل نظريةُ التوسُّع هي فعلاً النظرية الصحيحة؟ وكانت مقالته البحثية عن نظرية التوسُّع هي أيضاً أول مقالةٍ له على الإطلاق، كَتَبَها عندما كان لا يزال طالب دراسات عليا. وكثيراً ما كان يقول متفكِّهاً: «إنَّ من غير الممكن أن تكمن الإجابة عن كل مشكلات الكون في أول مقالة تكتبها»؛ من أجل ذلك طفق يحاول أن يجد بديلاً لنظرية التوسُّع، لكنه كان ـ شأننا جميعاً ـ يخفق في مسعاه إخفاقاً. وما لبثنا أن بدأنا العمل معاً في نظرية السرعة المتغيّرة للضوء. لقد وجدتُ فيه الشخص المتعاون المنشود.

أعقب ذلك سنواتٌ مُفْعَمَةٌ بنوعٍ من الشِّدَّة والإثارة والاهتياج ما كنتُ لأتصوَّر أبداً أن يكون العلم سبباً فيها. وكتابي هذا يروي في المقام الأول قصةَ تلك الرحلة وهي تنجلي وتنحلُّ عقدها من برينستُن إلى گُوا، ومن آسپِنْ إلى لندن. إنها القصة التي تحكي كيف يعمل العلماء معاً في علاقة حبٍّ وكراهية تنتهي في بعض الأحيان نهايةً سعيدة؛ وكيف نمت الفكرة حتى اتَّخذت شكلها وأبعادها وبلغت مرحلةً تحوَّلت فيها إلى مقالةٍ مكتوبة؛ وما لقينا من عنتٍ ـ لما دفعنا ببحثنا إلى النشر ـ مع المحرّرين والزملاء الذين لم يكونوا مقتنعين أنَّ عملنا يستحق النشر؛ وأخيراً، إنها القصة التي تُبيِّن لماذا قد يَثْبت يوماً أنَّ فكرتنا ليست فكرةً مجنونةً على كل حال؛ بل كيف يمكن أن يجد حدسٌ نظريٌ محضٌ سنداً تجريبياً له يفوق ما تجده النظريات الأخرى التي هي أكثر قبولاً.

ولو رُفِضَت فكرتي واستُنكرت ـ وهو احتمالٌ واردٌ إن لم يكن مظنَّةً مرجَّحة لا مع بضاعتي بالذات، بل مع أي عرضٍ فكريٍّ أو كشف علميٍّ جديد على وجه العموم ـ فإنَّ لديَّ من الأسباب ما يجعلني أتمسَّك بالقول إنَّ قصّتي تستحق الإعلان على كل حال. إني أُريد أولاً أن أُفهِم الناسَ الجانبَ العلميَّ لحقيقة الفكرة التي أطرحها ـ وهي فكرةٌ تنافسية وعاطفية وشديدة الوقع ومثيرةٌ لكثيرٍ من الجدل. والناس على الدوام في جدالٍ لا ينتهي بعضهم مع بعض،

وكثيراً ما تتضارب آراؤهم وتتعالىٰ أصواتهم بذلك. وأُريد أيضاً أن يُدرك الإنسان العادي من غير العلميّين أنَّ تاريخ العلم زاخرٌ بالافتراضات والرؤىٰ الظنّية التي تبدو عظيمةً أولَ وهلة، غير أنها تتكشَّف عن افتقارٍ للحجة التفسيرية، فتنتهي إلىٰ سلة مُهملات الاستعلام العلمي. إنَّ عمليةَ وضع الفكرات الجديدة على محك الاختبار، ثم قبولها أو رفضها، هي باختصار مدارُ العلم كله.

علىٰ أنَّ الأهم من ذلك هو أنَّ مجرَّد عرض فكرة السرعة المتغيرة للضوء سيدفعني تلقائياً إلى الخوض في شرح النظريتين الخطيرتين اللتين تتناقض رؤيتي معهما أو تتخطاهما: نظريةِ النسبية ونظرية التوسُّع الكوني. ولعلَّ من المُفارقات أنك حينئذٍ ترىٰ الأمور أوضحَ ما تكون. لقد كان شعوري علىٰ الدوام أنَّ خير وسيلةٍ لتفسير أكثر الأفكار تميُّزاً تكمن في إبراز أضدادها، إذ أنَّ إخضاعها القسريَّ لاختبارٍ ينطوي على التشكيك (نظير الاستجواب في قاعة محكمة) خليقٌ بإظهارها إلى الوجود على حقيقتها تماماً.

لهذه الأسباب مجتمعة، أرىٰ أنك خليقٌ أن تقرأ هذا الكتاب كلَّه حتىٰ لو لم تتمكن نظرية السرعة المتفاوتة للضوء من إيصال هدفها في نهاية المطاف إليك. وغنيٌّ عن القول إنَّ القصَّة تكون أكثر تشويقاً وإثارة لو أنها أصابت هدفها وآتت ثمارها، ولا أستطيع بطبيعة الحال أن أكون بذلك زعيماً، مع أني أشعر أنَّ هذا أمر ممكن.

في مقابل ذلك استجدّتْ على مدى السنوات الماضية أُمور تومئ إلىٰ أنَّ نظرية السرعة المتغيرة للضوء قد تصبح في يوم من الأيام هي الاتجاه السائد، شأن نظرية التوسّع الكوني ونظرية النسبية. على رأس هذه الأمور إنَّ كثيراً من المهتمين قد شرعوا فعلاً بسبرها وعجم عودها، وفي العلم ينطبق القول الشائع: «البهجة تزداد كلما ازداد عدد المشاركين». ويُلاحَظ على أرض الواقع أنَّ عدد الأبحاث التي تُكتب عن نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء يتنامىٰ يوماً بعد

يوم، بل أمست هذه النظرية جزءاً من الموضوعات التي تتناولها المؤتمرات العلمية، وبدأت تستقطب مجتمعاً مقبولاً من المؤيِّدين. وهذا بالطبع مصدر سرورٍ عظيم لي شخصياً.

وبعدُ، فقد غدا لهذه النظرية أيضاً نواةٌ «كونية» فبدأت بالفعل بحلّ مسائل أخرى. وأظهرتْ أحدثُ الاستطلاعات أنه كلما تقدَّمت معرفتنا في ميدان الفيزياء حتى شارفت الحدودَ القصوى، كان لدىٰ نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء ما تقوله في ذلك. فإذا تبيّن صحةُ نظريتي هذه، استتبعَ ذلك احتمالُ أن يكون للثقوب السوداء خصائص مختلفةٌ تماماً عمّا نعلم، وللنجوم المرتصَّة حالٌ أخرى مغايرة عند انقراضها، فتندثر بطريقةٍ غريبة. ويشعر رائد الفضاء الجَسورُ بأنه أفضل حالاً بكثير. وخلاصة القول إنَّ ثمة فيضاً من النشاط العلمي الذي يقود ـ كلما أُخضعت الفيزياء إلى ظروفٍ غير اعتيادية ـ إلى نتائج وآثار جديدة متوقَّعة، مقرونةٍ بـ C متغيِّر. وفي ثنايا هذه التوقُّعات يبرز الأمل بأن تَثْبُت صحةُ نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء بالتجربة العملية.

غير أنَّ أمراً أكثر أهمية قد يكون على وشك الوقوع؛ فقد أيقنّا ـ على مدىٰ العقود الماضية ـ أنَّ إدراكنا للطبيعة ما زال قاصراً وغير مُكْتَمِل، إذ من المعلوم أنَّ نوعين من النظريات تحكمان الفيزياء الحديثة هما: نظرية النسبية Theory of Relativity ونظرية الكمّ Quantum Theory وكلٌّ منهما تلقىٰ نجاحاً في مجالها على حدة، ولكن عندما يحاول العلماء النظريون دمجهما في نظرية وهمية واحدة تسمى الثقالة الكمومية quantum gravity يكون الفشل الذريع. إنّا نفتقر فعلاً إلى النظرية الموحَّدة المطلقة، وهي حُلُم أينشتاين الذي لم يتحقق، والمتمثّل في إطار متماسكٍ متساوقٍ من العلم يجمع شتات مختلف الظواهر العلمية المعروفة جميعاً.

لقد أضحت نظريةُ السرعة المتغيِّرة للضوء جزءاً من هذا البحث. ولعل الثابت C المتغيِّر هو العنصر الأساسي المفقود منذ زمنٍ طويل، وهذا من

الطريف الغريب: فلكي يتحقّق حلم أينشتاين قد يجب أن نتخلّى عن الأمر الوحيد الذي كان «راسخاً» لديه تماماً. فإن حصل ذلك، فقد تصبح نظرية السرعة المتفاوتة للضوء أكثر من مجرَّد ظاهرة حَدْسٍ علمي، إذ من الممكن أن تعمِّق إدراكنا لآلية عمل الكون بصورة لم أكن لأتصوَّرها أبداً.



القسم الأول

قصة الثابت C



2 أحلام أينشتاين

عندما كنتُ في الحادية عشرة من عمري أهدى إليَّ والدي كتاباً طريفاً لألبرت أينشتاين Albert Einstein وليوپولد إنفِلْد Leopold Infeld بعنوان: تطوُّر الفيزياء *The Evolution of Physics*، يُشبّه في فاتحته العِلمَ بقصةٍ بوليسية لا تدور حبكتُها حول معرفة مَنْ هو الجاني، بل حول: لماذا يعمل الكون بالطريقة التي يعمل بها.

وكما هو الحال في أي رواية بوليسية ناجحة، كثيراً ما يُضَلَّل المحقِّقون، فيكون عليهم مراجعة أنفسهم وتغيير منهجهم، بمَيْز الأدلة الزائفة من الأدلة الحقيقية. إلا أنَّ الصورة لا بدَّ أن تنجلي في نهاية المطاف عندما تجتمع لديهم جملةٌ صالحةٌ من الحقائق تمكِّنهم من تطبيق تلك الوسيلة الإنسانية الفريدة، وهي مَلَكَة الاستدلال، فيبدؤون بافتراضٍ نظري يتتبَّع بداية ظهور الغموض في تسلسل الأحداث، ثم بشيءٍ من التوفيق وحسن الحظ يتمكَّنون من الحَدْس بأنَّ حقائق معيَّنة لا بد من أن تكون صحيحة، فيختبرون تلك الحقائق لحل الأسرار الخفيّة.

غير أنَّ قراءة بضع فقرات من ذلك الكتاب [الذي أُهدي إليّ] ستحملك على التخلّي في الحال عن القياس على الرواية البوليسية؛ فالعلماء يُجابهون مشكلةً لا يتعرَّض لها أولئك الذين يعملون في مكافحة الجريمة، فلا يمكن أبداً

أن تجد في لغز الكون من العلماء من يقول: «لقد أُقْفِلَت القضية»، لأنهم لا يتعاملون في الواقع مع لغزٍ واحد، بل إنهم مضطرون ـ شاؤوا أم أبوا ـ إلىٰ التعامل مع جزءٍ صغيرٍ من سلسلةٍ كبيرةٍ متشابكةٍ من الألغاز. وما إن يتمكَّنوا من حلِّ جزءٍ من اللغز حتىٰ يُظهر لهم ذلك الحلُّ أنَّ ما اقتُرِح للأجزاء الأخرى من حلول لم يكن صحيحاً، أو على الأقل أنه بحاجةٍ إلىٰ إعادة النظر فيه. إنَّ لعبة العِلم يمكن أن توصف بحقّ بأنها إهانةٌ لا تنتهي للذكاء الإنساني.

ومع كل تلك «الإهانة» التي يجعلنا العِلمُ عرضةً لها، سرعان ما وجدتُ في الفيزياء مادةً ساحرةً أخذت بلُبّي. أحببتُ فيها على وجه الخصوص الطريقةَ التي تُطرح فيها أسرار الكون وخفاياه. وكثيراً ما تكون المسائلُ المطروحةُ سهلةً جداً في ظاهرها، إلا أنها تنطوي في الحقيقة على عمقٍ وغموض في مغزاها؛ وهي إلى جانب ذلك تُقَدَّم بلَبوسٍ جميلٍ من مجرَّدات التجارب الفكرية والمنطق المحض.

لكني أدركتُ ـ بعد أن دَرِجْتُ في مهنتي كفيزيائي ـ أنَّ معظم المسائل الفيزيائية لا يُتَّبع في تناولها الأسلوب العقلاني، على الأقل في بداياتها. فنحن بشرٌ قبل أن نكون علماء، والنوع الإنساني ـ برغم اسمه الطنّان هذا ـ غالباً ما يكون مسوقاً بالعاطفة أكثر منه بالعقل، حيث أنّا لا نحرص كثيراً على استبعاد الأدلّة الخاطئة والافتراضات الباطلة، كما لا نقتصر على أكثر التقنيات عقلانيةً في حلّ المسائل العلمية.

ولدىٰ ظهور فكرةٍ جديدة، وفي مراحلها الأولى، نتعامل معها كأنّا فنّانون، تدفعنا النزعةُ المِزاجية والذوق الشخصي. أي إنّا، بعبارة أُخرىٰ، نبدأ بالحَدْس، والشعور، بل وبالرغبة في أن يكون الكون باتجاهٍ واحد. ولا ننتقل من ذلك الحس دون أن نتمسَّك به مدةً طويلةً حتى بعد أن تبدي لنا المعطياتُ أنّنا نتَّجه نحن ومَنْ يثق بنا إلى طريق مسدود. ويكون الفيصل في النهاية هو التجربة العلمية التي تقطع الشك باليقين. ومهما كان حدسنا قوياً ومتسلسلاً، لا

بد ـ عند نقطةٍ ما ـ من إثباته بالحقائق القاطعة التي تكون شديدة الوطأة، وإلا فستبقى مشاعرُ الحدس لدينا كما ذكرنا، مهما كانت درجة تمسُّكنا بها.

ويصحّ هذا بوجه خاص على ذلك الفرع من الفيزياء المعروف بعلم الكونيات Cosmology الذي يُعنىٰ بدراسة البنية الإجمالية للكون، لا بدراسة نجمٍ معيَّن أو مجرَّة محدَّدةٍ بعينها. تسمّىٰ تلك الدراسةُ عادةً علمَ الفلك Astronomy. إنَّ المجرّات في نظر عالِمٍ في الكونيات ليست إلا جزيئاتٍ لمادةٍ غير اعتيادية ندعوها السائل الكوني Cosmological Fluid إنَّ سلوك هذا السائل الشامل هو الغاية التي يسعىٰ علماءُ الكون جاهدين لاكتناهها. فإذا كان ما يدرسه علمُ الفلك بمنزلة الأشجار، فإنَّ ما يبحثه علم الكونيات هو بمنزلة الغابة برمّتها.

وغنيٌّ عن القول إنَّ هذا الميدان أرضٌ خصبةٌ للحَدْس؛ فقد أفضت بنا ألغازُه ومغاليقه إلى الخروج بقصةٍ بوليسيةٍ منمَّقة، مفعمةٍ بالأدلة والمفاتيح والمنعطفات الخاطئة والاستدلالات والحقائق التجريبية. لكنَّ جزءاً من القصة يعتمد بالضرورة على الظُّنون والتخمينات بقدرٍ أطول مما يستسيغه أغلب الناس.

وقد كان علمُ الكون، ولزمنٍ طويل، موضوعَ الدِّين. ولعلَّ تحوُّله ليكون فرعاً من الفيزياء إنجازٌ مدهش إلى حدٍّ ما. فلماذا إذن تكون منظومةٌ كالكون، معقَّدةٌ فيما يبدو، قابلةً للدراسة الدقيقة؟ والجواب قد يدهشك هو أنَّ الكون (فيما يتعلَّق بالقوىٰ النشطة فيه على الأقل) ليس على درجةٍ كبيرةٍ من التعقيد كما قد يُظن؛ إنه على سبيل المثال أبسط من منظومةٍ بيئية أو كائنٍ حيواني، بل إنَّ وصف الآلية الديناميكية لجسرٍ معلَّق أصعب من وصف آليات عمل الكون، وقد أدرك العلماء ذلك، ففُتحت دونهم أبوابُ الدراسات الكونية باعتبارها فرعاً من فروع العلم.

غير أنَّ القفزة الواسعة التي تحقَّقت تتمثَّل في اكتشاف نظرية النسبية، وما

صاحَبها من مظاهر تقدُّم في الأرصاد الفلكية. وأبطالُ هذه القصة هم: ألبرت أينشتاين وعالِم الفلك المحامي الأمريكي إدوين هَبل Edwin Hubble والفيزيائي عالِم الأرصاد الجوّية الروسي ألكسندر فريدمان Alexander Friedmann وقد صاغوا معاً نظريةَ ثبات سرعة الضوء ونتائجها المذهلة المتمثلة في نشأة الكون وبداياته. كلُّ ذلك بدأ بحُلُم.

عندما كان ألبرت أينشتاين في سن المراهقة رأىٰ في منامه حُلماً ذا طبيعة خاصةٍ جداً، وطفِق يتأثر به تأثُّراً شديداً لسنوات كثيرة إلىٰ أن تحوَّل ذاك الحلم إلى تأمُّلاتٍ عميقةٍ أحدثت تغييراً جذرياً ومثيراً في أسلوب فهمنا للمكان والزمان، ثمَّ في إدراكنا لكامل الحقيقة الفيزيائية من حولنا؛ بل أحدثت بالفعل أكبر ثورةٍ في العلم منذ إسحاق نيوتن Isaac Newton وشكّكت في صميم مبدأ ثبات المكان والزمان الذي خَدَرَت فيه ثقافتنا الغربية.

وهاك رؤيا أينشتاين:

في صباحٍ ربيعيٍّ يلفّه السديم، وفي أعالي الجبال، يسير أينشتاين في دربٍ يلتفُّ مع جدولٍ ينحدر من القمم التي يكسوها الثلج. تنكسر حِدَّةُ الصقيع، إلا أنَّ الجوَّ لا يزال بارداً وجافاً، وتبدأ الشمسُ بالبزوغ رويداً من خلال السديم، ويطغىٰ تغريد الطيور على ضجيج خرير المياه المتدفِّقة. المنحدرات تكتنفها غاباتٌ كثيفةٌ مُدْهامَّةٌ نَعمةً ورِيّاً، لا يقطع استمرارها غير أجرافٍ صخريةٍ عملاقةٍ هنا وهناك.

ومع هبوط الدّرب أكثر فأكثر ينفتح المشهد الأرضيُّ قليلاً، وتبدأ الغابةُ الكثيفة تتكشَّف عن مساحاتٍ أكبر خلوٍّ من الشجر ورُقَعٍ من الأرض معشوشبة، ثم لا تلبث أن تظهر أوديةٌ متحدِّرة. وعلى البُعد يتمكَّن أينشتاين من رؤية عددٍ كبير من الحقول، كلها تحمل علامات الحضارة لا يخطئها أحد، وبعضها محروث وتقسمه أسوجةٌ ذات أشكالٍ منتظمة، وفي بعضها الآخر يرى أينشتاين الماشية ترعى متكاسِلَة ومُبعثرة في أرجاء المراعي.

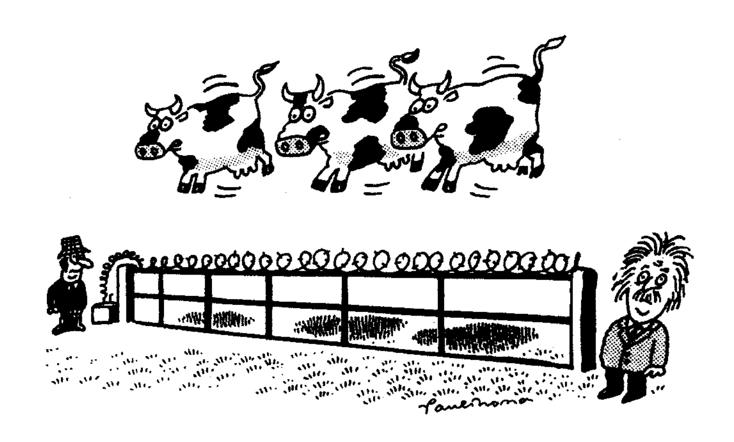
الشمس الآن تخترق السديمَ بثقةٍ أكبر، وبذلك تخفِّف من كثافة الجوّ فتجعله بؤرةً رقيقةً واهية يبدأ أينشتاين باستبانة تفاصيل الحقول السفلى من خلالها. ويكون من الشائع في مثل هذه الأمكنة تقسيم الأراضي بأسوجةٍ سلكيةٍ مُكهربة قبيحة المنظر حقاً، ومعظمها يبدو أنه لا يعمل البتّة. انظرْ إلى تلك الأبقار وهي تمضغ العشب الذي لا تكاد تبلغه على الطرف الآخر من السياج، وهي تَمدُّ أعناقها إليه عبر الأسلاك غير عابئة بكونها أملاكاً خاصة . . .

وعندما يصل أينشتاين إلى أقرب مرعى يتوجّه لتفحُّص السياج المكهرب. يلمسه فلا يشعر بأي صدمة، وهذا ما كان يتوقّعه لأنَّ الأبقار على طول السياج لا تأبه به. وبينما هو يعبث بالسياج يرىٰ شكلاً بشرياً كبيراً يمشي على الطرف الآخر من الحقل؛ إنه مُزارع يحمل بطاريةً جديدةً ويتّجه نحو حظيرةٍ عبر الحقل، ويراه أينشتاين يدخلها ليستبدل البطاريةَ التي انقضت مدة صلاحيتها. ومن الباب المفتوح يراه يربط البطارية الجديدة. وفي تلك اللحظة تماماً لاحَظ أينشتاين الأبقار تقفز فجأة وهي فَزِعَة، مبتعدةً عن الأسلاك (الشكل 1.2). وتلا ذلك كثيرٌ من الخوار الدالّ على الانزعاج.

يتابع أينشتاين مسيره، ولما وصل إلى طرف الحقل كان المزارع عائداً إلى بيته. يتبادلان التحية بأدبٍ جمّ، ثم يدور بينهما حوار من نوعٍ لا يحدث مثله إلا في أضغاث أحلام مخبَّلةٍ أو مُخْتَلِطَة.

يقول أينشتاين للمزارع: «إنَّ لأبقارك أفعالاً انعكاسيةً شديدة؛ فقد رأيتُك الآن توصل البطاريةَ الجديدة، فتقفز الأبقار جميعاً من فورها.»

بدا المزارع مُرتَبِكاً من هذا الكلام أيّما ارتباك، وراح يحدّق إلى أينشتاين بالنظر مستنكراً: «هل قفزَتْ جميعها معاً حقاً؟ شكراً على مجاملتك، لكن أبقاري ليست في حالة نزوّ. ثم إني رأيتُها عندما أوصلتُ البطاريةَ الجديدة، إذ كنتُ آمل في أن أُخيفها: فأنا أُحب أن أُمازِح أبقاري. مرَّ وقتٌ قصيرٌ لم يحدث



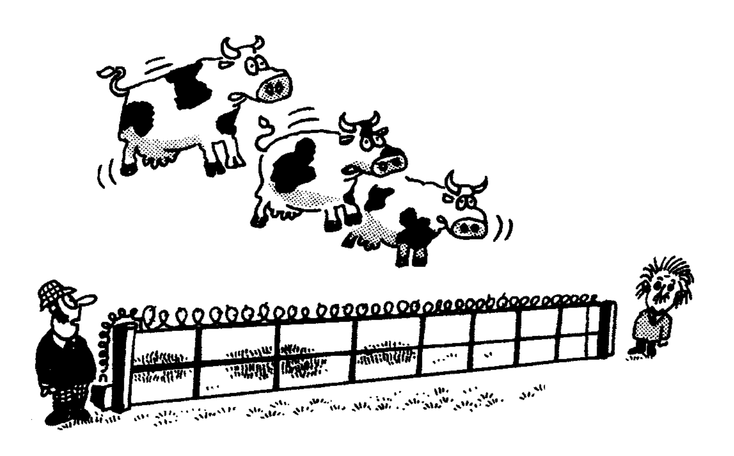
شكل 1.2.

فيه أي شيء. ثم رأيتُ أقرب الأبقار مني تقفز، ثم التي بعدها وهكذا بالترتيب حتى آخر بقرة.»

هذه المرة جاء دور أينشتاين ليشعر بالارتباك. هل كان المزارع يكذب (الشكل 2.2)؟ وما الذي يدعوه إلى الكذب؟ ومع ذلك كله فهو واثق مما رأىٰ: مزارعٌ يوصل بطاريةً جديدة، فتقفز البقرة الأولىٰ في الهواء، وتقفز البقرة الأخيرة في الهواء، وجميعها في وقتٍ واحدٍ تماماً. حتى الآن من العبث فتح مناقشة. ولسببٍ ما يشعر برغبةٍ في خنق المزارع.

لكن أينشتاين يتنبّه من نومه. يا لها من أحلام بلهاء، وعن الأبقار تحديداً، من بين سائر الحيوانات... ولماذا شَعَرَ بالرغبة بالقتل على نحوٍ يرثىٰ له من أجل لا شيء؟ أوْلىٰ لك أن تنسىٰ هذا الهُراءَ كلَّه.

علىٰ أنْ كثيراً من الرؤىٰ الغريبة قد تحمل بعض المعاني العميقة التي تُراود عقل صاحب الحلم، وهذا ما حصل بالفعل: فقبل أن ينسىٰ أينشتاين حلمه التمعت في ذهنه فكرة، فقال في نفسه: إنه مجرَّد حلم، ومع ذلك لم يكن منه إلا أن غالىٰ في سِمَةٍ حقيقيةٍ من سِمات عالَمنا إلى حدٍّ ما. صحيح أنْ الضوء



شكل 2.2.

ينتقل بسرعةٍ كبيرة، لكنها ليست سرعةً لا نهائية، وما يلمِّح إليه هذا الحلم الذي يبدو محموداً هو أنْ خاصّيةً فيزيائيةً بسيطةً للضوء كهذه الخاصيّة تستتبع نتيجةً غريبةً تماماً: أنَّ الزمن لا بدَّ أن يكون نسبياً! فما يحصل «في الوقت نفسه» لشخصٍ ما قد يحصل كنتيجةٍ لما يحدث لشخصٍ آخر.

وواقع الأمر أنَّ الضوء ينتقل بسرعةٍ عظيمة تتراءىٰ لانهائية، إلا أنَّ ذلك ناشئ عن محدودية حواسِّنا نحن البشر. وكَشْفُ الحقيقة مرهونٌ بالتجربة العلمية الدقيقة: ينتقل الضوء بسرعة تقارب 300،000 كيلومتر في الثانية. ولعل السرعة المتناهية للصوت أقرب إلى أذهاننا لأنَّ سرعة الصوت أقلّ بكثيرٍ من سرعة الضوء: فهي تناهز 300 متر في الثانية، ثمَّ إنَّ صيحةً تطلقها باتجاه صخرةٍ كبيرة تبعد عنك مسافة 300 متر في الثانية يرتدّ رجعها إلى سمعك بعد ثانيتين؛ إذ تصل صيحتك إلى الصخرة في ثانيةٍ واحدة، فتنعكس من الصخرة وتعود إليك صدىً في ثانيةٍ أخرى.

ولو أنك أرسلتَ وميضاً ضوئياً إلى مرآة تقع على بُعد 300،000 كيلومتر لعاد «رجع الضوء» إليك بعد ثانيتين، وهي ظاهرةٌ معروفةٌ جيداً في مجال

الاتصالات الراديوية في الفضاء، من قبيل الرحلات القمرية. فتأثير الصدىٰ في رحلةٍ إلى كوكب المريخ يستغرق نحواً من ثلاثين دقيقة: فلو بعثتَ برسالةٍ راديويةٍ من الأرض لوصلت المرّيخ بسرعة الضوء خلال نحو خمس عشرة دقيقة، وتعود إليك استجابةُ روّاد الفضاء خلال خمس عشرة دقيقة أخرى. تأمَّلْ كم سيكون مزعجاً لك إجراء مناقشةٍ هاتفيةٍ وأنت تقضي عطلةً على المرّيخ!

إنَّ رؤيا البقر لا تصوِّر أكثر مما يحدث فعلاً في الواقع بصورةٍ فيها الكثير من المغالاة، وهو ما يمكن أن ندركه فعلاً بحواسّنا لو كانت سرعة الضوء قريبةً من سرعة الصوت. وفي حلم أينشتاين تنتقل الكهرباء عبر الأسلاك بسرعة الضوء(*). ولهذا فإنَّ صورة المزارع وهو يوصل البطارية تنتقل باتجاه أينشتاين جنباً إلى جنب مع النبض الكهربائي الذي يسري عبر الأسلاك، فتصل البقرةَ الأولىٰ في آنٍ واحد، مولِّدةً لديها صدمة. ومن المفهوم هنا حكماً أنْ زمن استجابة البقرة هو الصفر(**)، وبذلك فإنَّ صورة المزارع وهو يوصل البطارية، وصورة البقرة الأولىٰ وهي تقفز، وكذلك الإشارة الكهربائية وهي تعبر الأسلاك، تنتقل الآن كلُّها نحو أينشتاين جنباً إلى جنب.

وعند وصولها إلى البقرة التالية تقفز هي الأخرى، وتنتقل صورتُها وهي تقفز لتنضمَّ إلى صنوانها، وهكذا تنتقل الآن صورةُ المزارع، وصورةُ البقرتين الأوليَيْن وهما تقفزان، وكذلك الإشارةُ الكهربائية السارية في الأسلاك، جميعاً باتجاه أينشتاين جنباً إلى جنب. وهلمَّ جراً حتىٰ البقرة الأخيرة. إذن يرىٰ أينشتاين المزارعَ يوصل البطارية، والأبقار تقفز في وقتٍ واحدٍ تماماً. ولو أنه مسَّ السلكَ لأصابته صدمةٌ كهربائية في الوقت عينه الذي رأى فيه كل ما يحدث بالضبط. إنَّ أينشتاين بالتأكيد لا يهذي؛ لقد وقع كلُّ هذا فعلاً في وقتٍ واحد، أي في الوقت الواحد «الخاص به.»

(*) في ذلك ترخُّص فنّي هنا.
(**) في ذلك ترخُّص فني هنا أيضاً.

إلاَّ أنَّ وجهة نظر المزارع مختلفةٌ نوعاً ما؛ فهو خاضعٌ لما يُشبه في الواقع سلسلةً من أصداء الضوء المنعكسة عن صخور/ مرايا تقع على التوالي على مسافاتٍ أكبر فأكبر. فعندما يقوم بتوصيل البطارية الجديدة يكون كمن يطلق صيحة في وادٍ سحيق. تنطلق النبضةُ الكهربائية باتجاه البقرة الأولىٰ التي تجفل عندما تبلغها النبضة، شأنَ الصيحة تنتقل نحو صخرةٍ كبيرة في الوادي السحيق وتنعكس عنه. أما صورة البقرة المنتفِضة العائدة باتجاه المزارع فهي كالصدىٰ المرتدّ من الوادي. لذلك فإنَّ هناك تأخُّراً زمنياً Time Delay بين توصيله البطارية ورؤيته البقرة الأولىٰ وهي تنتفض، أي بين صيحته ورَجْعِها. وتكون حال صورة الأبقار التالية الواثبة في الهواء كسلسلةٍ من الأصداء المتولّدة من صخورٍ أبعد فأبعد، ثم فواصل تأخُّرٍ زمني أكبر فأكبر، أي إنها تصل متعاقبةً زمنياً.

وهكذا فإنَّ المزارع لا يهذي هو الآخر؛ ذلك لوجود تأخُّر زمني بالفعل بين توصيله البطارية ورؤيته البقرةَ الأولىٰ وهي تنتفض. وبعد ذلك يرىٰ الأبقارَ الأخرىٰ كلَّها تنتفض على التوالي لا في آنٍ واحد. ولو مسَّ أينشتاين السلكَ لتمكَّن المزارعُ من رؤيته وهو يجفل، متفوّهاً بكلمة تذمُّر وألم بعد أن تكون الأبقار كلها قد جَفَلَتْ.

وليس ثمة تناقض بين المزارع وأينشتاين، ولا ما يتنازعان بشأنه؛ فالراصدان كلاهما يُعبّران عمّا عايناه، كلٌّ منهما من وجهة نظره المختلفة. ولو كان الضوءُ ينتقل بسرعةٍ لا نهائية، لما كان حُلم أينشتاين ممكناً أبداً. أما والأمور علىٰ ما هي عليه، فلا يعدو ذلك أن يكون غُلُوّاً.

ومع كل هذا، نعم هناك تناقض! فحلم أينشتاين يخبرنا أنَّ ليس ثمة مفهومٌ مطلقاً لشيءٍ مثل: «حدث ذلك الشيء في الوقت نفسه»، ويقصد بالمطلق أن يكون صحيحاً بالضرورة للراصدين كافة من دون أي لبسٍ أو غموض. وبالفعل، فقد أظهر حلم أينشتاين أنَّ الزمن نسبيٌّ بالضرورة وأنه يتفاوت من

راصدٍ إلى راصد، وأنَّ مجموعةً من الحوادث تقع لراصدٍ ما في وقتٍ واحد قد تقع لراصدٍ آخر كسلسلة متعاقِبة.

لكن هل يمكن أن يكون هذا وهماً؟ أم هل إنَّ حقيقة مفهوم الزمن مُعَقَّدة أكثر مما نألف؟ إنّا نعرف من خبرتنا اليومية أنَّ حدثين إذا وقعا في آنٍ واحد، فهما واقعان في آنٍ واحدٍ بالنسبة إلى كلٍّ واحد. هل يُحتمل أن تكون هذه الحقيقة أمراً تقريبياً ليس غير؟ وهل هذه هي الرسالة التي حاول حلم أينشتاين إيصالها إليه؟ وباختصار: هل الزمن نسبيّ؟

وُلِد أينشتاين في عالَم كان العلماءُ فيه يعتقدون بـ «كون منتظم»؛ فكما أنَّ الميقاتيات في كل مكان تدقّ بمعدّلٍ واحدٍ من السرعة، كان يُعتقَد أن الزمنَ هو العنصرُ الثابتُ العظيم في الكون. وبالمثل كان يُنظَر إلى الحيِّز المكاني على أنه بنيةٌ دقيقةٌ ومطلقة. اندمجت الكينونتان، المكان المُطلق والزمان المُطلق، لتكوين الإطار اللامتغيّر لرؤية نيوتن للكون، وهو الكون المنتظم أو الدقيق . Clockwork Universe

إنه الاعتقاد السائد المدوّي في كل أرجاء حضارتنا. وحقيقة الأمر أنّا نكره أن نلتفت إلى النوع، ولا سيما عندما يتعلق الأمر بمسائل مالية، فنُفضِّل تحديد الواحدة النقدية، ثم الإشارة إلى قيمة أي شيء على أنه عددٌ دقيقٌ من أضعاف تلك الوحدة.

على نطاقٍ أعمّ، فإنَّ تحديد الواحدات يتيح دمج الدقّة الكميّة للرياضيات (أي للأعداد) بالحقيقة الفيزيائية؛ ففي حين تُعطي الواحدةُ كمّاً قياسياً لشيءٍ ما، يُحوِّله العددُ إلى كمٍّ دقيق هو ما نسعى إلى وصفه.

مثال ذلك إنَّ الكيلوگرام يتيح لنا الدقة فيما نعنيه بقولنا سبعة كيلوگرامات من الأناناس، وكم هو ثمن هذه الكمية. إنَّ إطار حضارتنا لا وجود له إلا مع مفهوم الواحدة مقترناً بمفهوم العدد. وبقطع النظر عن مدىٰ شاعريتنا، فنحن

نتمسَّك بالدقَّة الكمية ولا نستطيع العيش بدونها. لقد التقيتُ في حياتي عدداً قليلاً جداً من صفوة الفوضويّين، كما قابلتُ عدداً من الناس من ذوي الأطوار الغريبة والطبائع الغامضة.

تتغلغل فلسفةُ الحياة هذه في صميم تصوُّرنا لمفهوم المكان والزمان؛ فالمكان (أو الحيِّز المكاني) يتعيَّن بواسطة وحدةٍ للطول، كالمتر مثلاً. وعلىٰ هذا الأساس يمكنني القول إنَّ فيلاً يقف على طريقٍ معلومةٍ طولها 315 متراً، وذلك يعني العدد 315 من الوحدة الدقيقة التي هي المتر هنا. وبهذه الطريقة يمكننا أن نتوخى الدقَّة التامَّة في تحديد موقع الفيل.

ولو أردتُ تعيين موقع منطقةٍ علىٰ سطح الأرض. فإني أستعمل بنيةً حيِّزيةً مضاعفة، فأُحدِّد اتجاهاتٍ متعامدةً من قبيل: شمال ـ جنوب وشرق ـ غرب. ثم بإمكاني أن أُعيِّن علىٰ وجه الدقَّة موقع المنطقة التي أُريد مستعملاً عددَيْن هما: المسافة على امتداد الاتجاه شرق ـ غرب، والمسافة على امتداد الاتجاه شمال ـ جنوب. وفي إطارٍ كهذا يتحدّد الموقع المراد بالضبط، علماً بأنَّ خير ما يُعبِّر عن هاجسنا الدائم المتمثّل في معرفة المواقع الدقيقة للأشياء هو منظومة تحديد المواقع Global Positioning System (GPS) الذي يُمكن بواسطته اليوم تحديد أي موقعٍ على سطح الأرض بدرجةٍ عاليةٍ من الضبط عن طريق زوجٍ من الإحداثيات.

كل ذلك بالطبع مسألة عُرفية. إنَّ سكان أستراليا الأصليين يعيِّنون حدود أرضهم بخطوط غنائية songlines إذ إنَّ أستراليا بالنسبة إليهم ليست مجرّد توافقٍ بين نقاط على الأرض وأزواجٍ من الأعداد التي تمثِّل إحداثيات تلك النقاط، بل إنها مجموعةٌ من الخطوط المتقاطعة والشديدة الالتواء، كلٌّ منها تمثِّله أُغنيةٌ معيَّنة تحكي قصةً وقعت على ذاك الدرب، وهي في العادة أُسطورةٌ مشبوبة العاطفة تدخل في شخوصها الحيواناتُ بعد أن تُخلَع عليها صفاتٌ بشرية.

وما تلبث هذه الخطوط الغنائية أن تُحدِث كتلةً متشابكةً شديدة التعقيد،

حيث لا يقتصر معنىٰ النقطة على زوج فريدٍ من الأعداد؛ فليس المهم فقط أين أنت (وفقاً لتصوّرنا)، بل من أين أنت أيضاً، وما مساق مسيرك الماضي والآتي؛ فما نعدّه نحن نقطةً وحيدة ربما يولّد فيضاً لا نهائياً من المميزات في نظر السكان الأصليين، لأنَّ تلك النقطة قد تكون جزءاً من خطوطٍ غنائيةٍ كثيرةٍ متقاطعة، وهو ما يخلق شعوراً يُذكّر بالعقارات والمِلكية لا يتّفق ومفاهيم حضارتنا. إنَّ الأفراد يرثون خطوطاً غنائيةً لا مساحاتٍ من الأراضي، ولا يمكن للمرء أن ينشئ منظومةً لتحديد المواقع تعمل ضمن حيِّز خطٍّ غنائي.

ومع ذلك فإنَّ أستراليا موجودة، في حين تؤكّد الخطوطُ الغنائيةُ علىٰ أنَّ أيَّ وصفٍ للحيِّز المكاني هو مسألة اختيارٍ وعُرف إلى حدٍّ بعيد. ونحن نختار العيش ضمن حيِّزٍ صارمٍ ودقيق مؤلَّفٍ من مجموعةٍ من المواقع ويسمّىٰ حيّز نيوتن Newtonian Space، أو ما يحلو للبعض تسميته حيِّز إقليدس Euclidean Space.

وتنطبق هذه الاعتبارات كلُّها بصورةٍ مماثلةٍ على الزمن. وما الميقاتيةُ إلا شيء يتغيَّر بمعدّلٍ منتظم ـ شيء «ينبض»، ونبضة الميقاتية تحدِّد وحدة زمن، وهذه الوحدة بدورها تتيح لنا ـ باستعمال عدد ـ تعيين مدة حدثٍ ما بالضبط، علماً أنَّ ما نسمّيه معدَّلاً «منتظماً» للتغيُّر هو مسألة عُرفٍ أو اصطلاح. ومع ذلك، وكما في كثيرٍ من المسائل الاصطلاحية، فهو ليس اعتباطياً؛ فهو يُقدِّم لنا وصفاً بسيطاً ودقيقاً للحقيقة الفيزيائية من حولنا.

إنَّ ثقتنا بقدرتنا على توقيت الأشياء كبيرةٌ حقاً؛ فمنذ عهد نيوتن يُنظَر إلى مرور الزمن على أنه مطَّردٌ ومُطْلَق: مطَّرد بالتعريف، ومُطلق بسبب تخالف رأي الراصدين في توقيت حدثٍ ما.

نعم، لماذا يتخالفون؟ ومع ذلك، وفي الوقت الذي رأى أينشتاين فيه حُلمه، كان ثمة أزمةٌ في طور النشوء، فكان حلمه إرهاصاً بالقضاء على التصوُّر الثابت للمكان والزمان المطلَقيْن.

في إحدىٰ الأماسيّ العاصفة تبدأ أبقارُ حلم أينشتاين نفسها تبدي أعراضاً واضحة للجنون. ومن غير سببٍ واضح طفقت تتنقَّل في أرجاء المرعىٰ بسرعةٍ تقارب سرعة الضوء. لعلها مصابةٌ بنزعةٍ مَرَضيةٍ من جنون البقر بسبب تعرُّضها السابق للكهرباء.

يعلم المزارع باهتياج أبقاره، فيتوجَّه إلى الحقل وبيده مصباح كهربائي. وما إن يقترب من الأبقار حتىٰ تهدأ وتتجمَّع قرب أحد أطراف الحقل، ولكن حالما يسلِّط ضوء مصباحه عليها تبدأ بالابتعاد عنه بسرعة كبيرة جداً تتزايد حتى تقارب سرعة الضوء، وهذا ما يجعل المزارع يتساءل إن كانت البقرات في حالة نزوّ.

كذلك يتساءل المزارع عن أمر آخر؛ ها هو قد سلَّطَ الضوءَ على الأبقار فابتعدت عنه بسرعةٍ تقارب سرعة الضوء. هل يعني هذا أنها، وهي تُسارِع الضوء، ترىٰ أشعةَ الضوء تتوقف؟ إنه لأمر غريب جداً لو حدث. تخيَّل الضوءَ وقد توقَّف، وهل ثمة شيء اسمه الضوء الساكن؟

للإجابة عن هذا السؤال يتوجَّه الفلاح إلى كورنيليا، وهي من أذكىٰ أبقار القطيع، لتُخبره عمّا رأت وهي تجري جنباً إلى جنب مع أشعة الضوء. وتجيب البقرة أنها لم تلحظ شيئاً غير اعتيادي فيما يتصل بالضوء الذي سلَّطه الفلاح قبلاً، بل إنه كأيٍّ ضوء آخر. ولما كانت كورنيليا محبةً للمساعدة، فقد أرادت أن تتثبَّت من الأمر، فاتَّخذت الإجراءات اللازمة لقياس سرعة الضوء، مستعينةً بالتقنيات المعيارية، ومستفيدةً من الميقاتيات وقصبات القياس التي تحملها، ثم خرجت بنتيجةٍ غريبةٍ: وجدت أنَّ الأمر لا يندّ عن المألوف، ينتقل الضوء بالنسبة إليها بسرعة 300،000 كيلومتر في الثانية.

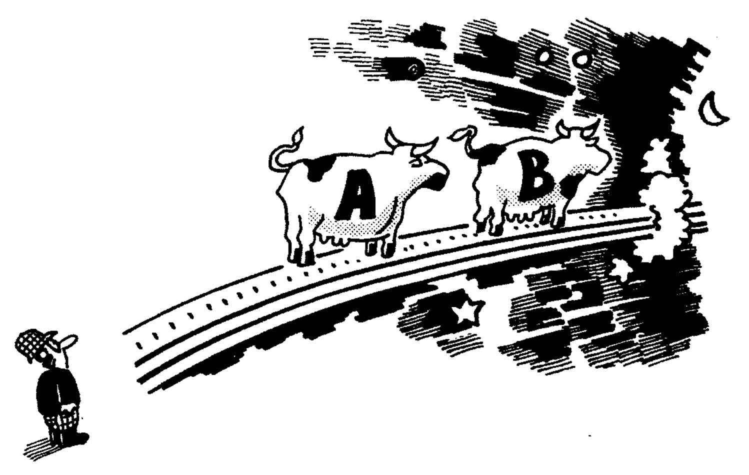
حان دور المزارع ليشعر برغبةٍ في خنق كورنيليا. أما وقد اقتنع الآن تماماً أنَّ كورنيليا فردٌ من قطيعٍ إنكليزي، فإنه يعزم الطلب من بقرتين أخريين لتقوما بقياس سرعة الضوء الصادر عن المصباح. ولكن في هذا الوقت تعمّ الفوضى،

فتتحرّك أشدُّ الأبقار عَرَجاً بسرعة أصغر من الأخريات؛ فتبتعد البقرتان اللتان اختارهما الفلاح عنه إحداهما بسرعة 100،000 كيلومتر في الثانية، والأخرىٰ بسرعة 200،000 كيلومتر في الثانية. وتجنُّباً لإطلاق أسماء بلهاء، فلنسمِّ البقرتين: البقرة A والبقرة B انظر الشكل 3.2).

وإذ يرىٰ المزارع ضوءَه ينتقل بسرعة 300،000 كم/ ثا، فهو يتوقَّع من هاتين البقرتين اللتين هما أكثر وعياً أن تخرجا بالنتائج التالية: يجب أن تكون سرعةُ الضوء 200،000 كم/ ثا بالنسبة إلى البقرة A أي 300،000 ـ 100،000)، و100،000 كم/ ثا بالنسبة إلى البقرة B أي 300،000 ـ 200،000)، وهذا من العمليات الجبرية السهلة التي تعلَّمناها في المدرسة ومفادها أنَّ السرعات تضيف أو تطرح (تبعاً لاتجاهها النسبي). فللحصول على سرعة شعاع الضوء بالنسبة إلى كلٍّ من البقرتين، يجب طرح سرعة البقرة من سرعة الضوء، أليس كذلك؟ أم أنَّ أساتذة الفيزياء المناكيد كانوا يخدعوننا في المدرسة طوال الوقت، كما كنا نعتقد دوماً؟

ومن سوء الطالع أنَّ أساتذة الفيزياء أولئك ـ وفقاً لتصوُّرنا المعتاد للمكان والزمان ـ لا بُدَّ أن يكونوا على صواب. فلو انطلقت سيارتان من موقع واحد وعلى طريقٍ مستقيم واحد، إحداهما بسرعة 100 كيلومتر في الساعة والأخرىٰ بسرعة 200 كيلومتر في الساعة، فذلك يعني أنه عندما تعلن ميقاتيتي مضيَّ ساعةٍ زمنية تكون السيارة الأولىٰ قد قطعت 100 كيلومتر والثانية 200 كيلومتر. ما هي سرعة أسرع السيارتين بالنسبة إلى السيارة الأخرىٰ؟

حسناً، من الواضح أنه بعد مضي ساعةٍ من الزمن تكون أسرع السيارتين متقدِّمةً بمسافة 100 كيلومتر عن السيارة الأخرىٰ؛ أي 200 ـ 100. وتكون سرعة السيارة السريعة بالنسبة إلى السيارة الأخرىٰ هي 100 كيلومتر في الساعة، وهذا منطقي: فأنت تطرح المسافات، أما الزمن فيبقىٰ نفسه، لذلك تطرح السرعات. ما الذي يمكن أن يكون موضع خلافٍ في هذا؟



شكل 3.2.

وللسبب نفسه، إذا أنا سلَّطتُ ضوءاً ينتقل بسرعة 300،000 كم/ ثا علىٰ بقرتين تبتعدان عني إحداهما بسرعة 100،000 كم/ ثا والأخرىٰ بسرعة 200،000 كم/ ثا، فإنهما ستريان الضوء منتقلاً بسرعة 200،000 كم/ ثا و100،000 كم/ ثا علىٰ الترتيب.

غير أنَّ البقرتين تخرجان مرةً أخرىٰ بنتيجةٍ غريبة؛ فكلتاهما تعتقدان أنهما تقيسان سرعةَ الضوء بالنسبة إليهما علىٰ أنه 300،000 كم/ ثا! فهما إذن لا تناقضان منطقَ المزارع فحسب، بل تبدوان وقد ناقضت إحداهما الأخرىٰ.

هل لنا أن نُصدّق الأبقار؟ أم أُستاذَ الفيزياء؟ من دواعي السرور أنَّ التجربة تبعثنا بالضرورة على تصديق الأبقار! إلا أنَّ ذلك يضعنا وجهاً لوجه أمام مشكلةٍ محيّرة؛ إذ ما هو الخطأ في حجَّتنا بأنَّ السرعات ينبغي أن تُطرح ليس إلا؟ وبالنظر إلى الأمور كما هي عليه فإن ما رصَدَتْه الأبقارُ بالفعل ما هو إلا محض هراء.

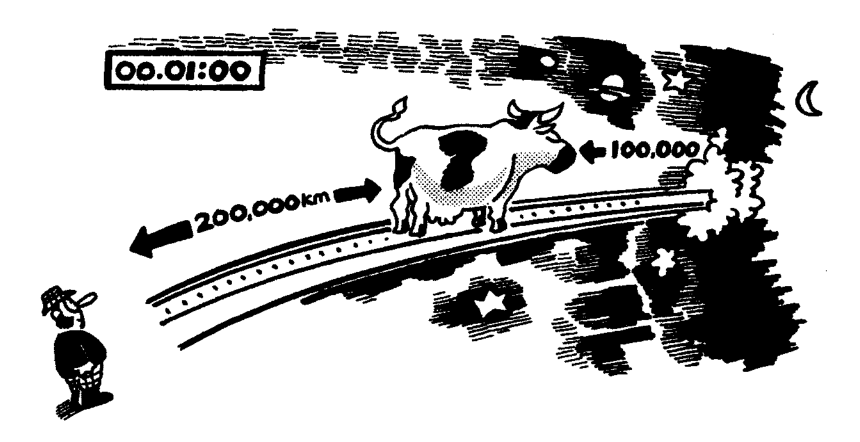
كان هذا الوضع هو اللغزُ الذي واجه العلماءَ في نهاية القرن التاسع عشر. واليوم تُعرَف التجاربُ المؤيِّدة للدليل الذي وفَّرته الأبقار باسم تجارب مايكلسن

ـ مورلي Michelson-Morley experiments، وهي التي رسَّخت فكرة ثبات سرعة الضوء النسبية بقطع النظر عن حالة حركة الراصد. فإذا مشيتُ وأنا في قطار فإنَّ سرعتي بالنسبة إلى رصيف المحطة تُحسَب بإضافة سرعة القطار إليها. وقد وجد مايكلسن ومورلي أنَّ الضوء الصادر عن الأرض الدائبة الحركة كان ينتقل بسرعةٍ واحدة، أي بالمعنىٰ الغريب في أنَّ 1+1=1 بواحدات سرعة الضوء. تلك التجارب خرجت من الفيزياء بنتيجةٍ عميقة البُعد عن المنطق، نتيجةٍ تناقضت والمبدأ المنطقي الواضح القائل بإضافة السرعات أو طرحها دوماً.

وقد حُلَّ هذا اللغزُ المحيِّر عن طريق نظرية أينشتاين النسبية الخاصَّة. ومن عجبٍ أنَّ أينشتاين عندما طرح نظريته هذه لم يكن على علمٍ بنتائج مايكلسن ـ مورلي، ولربما كان مديناً أكثر لبقرات أحلامه منه لهذه التجارب. لذلك سنُناقش الحل الذي انتهىٰ إليه أينشتاين لهذا اللغز بالرجوع إلى أبقاره.

لنَعُدْ ثانية إلىٰ خدمات كورنيليا فنطلب إليها أن تقف بمحاذاة المزارع. عندما يطلق المزارع ضوءَ مصباحه علىٰ امتداد الحقول تندفع كورنيليا عدواً بسرعة 200،000 كم/ ثا، ويرىٰ المزارعُ شعاعَ ضوئه ينتقل بسرعة 300،000 كم/ ثا. إذن في ثانيةٍ واحدة يرىٰ الضوءَ ينتقل مسافة 300،000 كيلومتر بعيداً عنه، وكورنيليا تنتقل مسافة 200،000 كيلومتر بعيداً عنه كذلك. فيَستنتج أنَّ كورنيليا الآن ترىٰ شُعاعَ الضوء على بُعد 100،000 كيلومتر أمامها. أما وقد مضت ثانية واحدة، فهو يعتقد أنَّ كورنيليا لا بد أن ترىٰ شعاعَ الضوء ينتقل بسرعة 100،000 كم/ ثا (انظر الشكل 4.2). ولكن عندما يطلب من كورنيليا قياس سرعة الضوء، تصرّ علىٰ أنَّها وجدت سرعته 300،000 كم/ ثا. إذن ما الخطأ الذي حصل؟

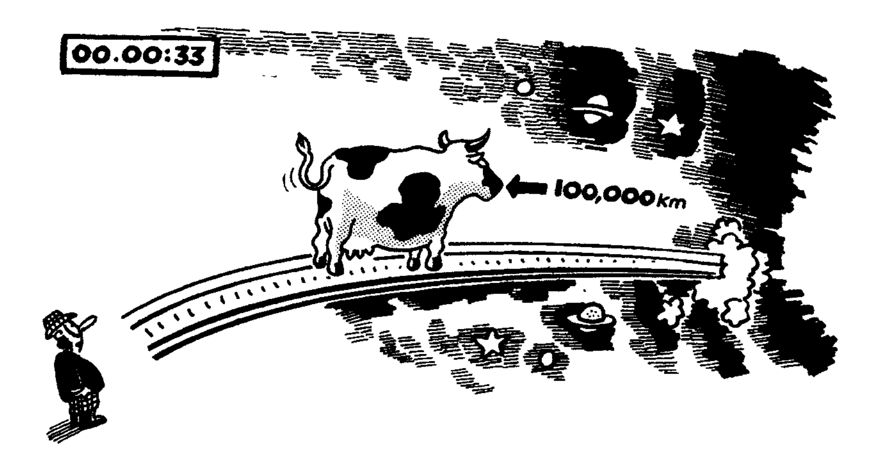
هنا بالذات أظهر أينشتاين عبقريته وشجاعته، وكان لديه من الجرأة أن اقترح أنَّ الزمن قد لا يكون واحداً لكل واحد، وبناءً علىٰ ذلك فإذا انقضت ثانيةٌ واحدة بالنسبة إلىٰ المزارع، فلربما لم ينقضِ إلا ثلث ثانيةٍ بالنسبة إلىٰ كورنيليا.



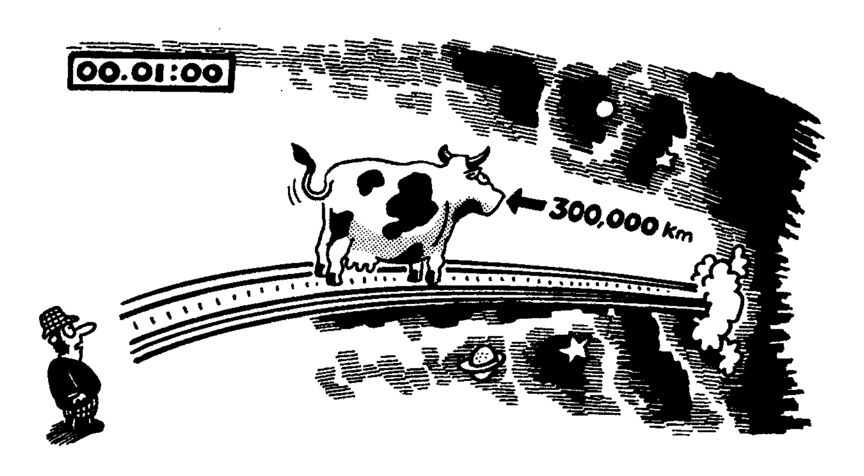
شكل 4.2.

فلو صحَّ ذلك لكانت كورنيليا قد عاينت شعاعَ الضوء على مسافة 000،100 كم أمامها، إلا أنَّها لمّا قسَّمت المسافة على الوقت المنقضي وجدت أنَّ النتيجة كانت بالفعل 000،300 كم/ ثا (انظر الشكل 5.2). وبتعبيرٍ آخر، إذا كان الوقت يمضي أكثر بطأً بالنسبة لراصدين في حالة حركة، أمكننا عندئذٍ معرفة السبب في أن الجميع متفقون فيما يبدو على أنَّ سرعة الضوء واحدة، وذلك في تناقضٍ صارخٍ لما يُتوقَّع من مجرَّد طرح السرعات.

إلا أنَّ ثمة احتمالاً آخر أيضاً؛ فقد يكون مرورُ ثانيةٍ واحدة بالنسبة إلىٰ المزارع يقابله القدر نفسه تماماً بالنسبة إلى كورنيليا، بحيث يكون الزمن مطلقاً بالفعل. ومن يدري؟ فقد يكون الحيِّز المكاني هو الذي يخدعنا، بحيث أنَّ المزارع يرىٰ شعاعَ الضوء علىٰ بُعد 000،100 كيلومتر أمام كورنيليا لأن ذلك الشعاع قد انتقل مسافة 000،300 كيلومتر، في حين لم تنتقل كورنيليا نفسها إلا مسافة 000،200 كيلومتر. لكن ماذا عسىٰ كورنيليا أن ترى؟ قد يكون ما يراه المزارع 000،100 كم تراه كورنيليا 000،300 كم (انظر الشكل 6.2). وإذا كان الأمر كذلك، فستتمكن كورنيليا أيضاً من قياس ما تقيس: انقضت ثانيةٌ واحدة،



شكل 5.2.



شكل 6.2.

فصار الضوء على بعد 300،000 كيلو متر أمامها طبقاً لوحدات قياسها، فسرعة الضوء بالنسبة إلىٰ كورنيليا وبقياسها هي يبلغ بالفعل 300،000 كيلومتر في الثانية. لكن ذلك قد يدل ضمناً على أنَّ الأجسام المتحرّكة تبدو منضغطةً علىٰ امتداد جهة حركتها. فهل يمكن أن يتقلّص الحيِّز المكاني بفعل الحركة؟

هذان احتمالان يتَّسمان بالإفراط، وهناك بالطبع احتمالٌ ثالث هو مزيجٌ من الاثنين معاً. فقد يتّفق أن يمرَّ الزمنُ ببطءٍ أكبر بالنسبة إلى كورنيليا، وأن يتشوَّه إحساسها بالمسافة بالنسبة إلىٰ إحساس الفلاح بها، فيتَّحد الأثران ليعطياها قياساً واحداً لسرعة الضوء. ففي نظر الفلاح انقضت ثانيةٌ واحدة فكان شعاعُ الضوء علىٰ مسافة 100،000 كيلومتر أمام كورنيليا؛ وفي نظرها هي انقضى زمنٌ أقل، فكان شعاعُ الضوء على مسافةٍ أبعد طبقاً لوحدات قياس كورنيليا. والحقيقة أنك إذا ما حلَّلْتَ هذه المسألة كلَّها رياضياً ستجد بالفعل أنَّ وراء هذه المشكلة المحيِّرة مزيجاً من هذين الأثرين.

إنه خروجٌ مجنون من المشكلة، لكنّا نتساءل مع ذلك: هل هو صحيح؟ من المؤكَّد أنَّ المزارع سرعان ما يكتشف أنَّ كل هذا الجنون يعود علىٰ أبقاره بأثرٍ مدهش، فلا يتقدَّم بها العمر ولا تشيخ! والسبب أنه لما كان الزمن يمضي أبطأ فأبطأ بالنسبة إلى الأجسام السريعة الحركة، فإن المزارع يكبر سنُّه أكثر فأكثر، على حين تبدو أبقاره المجنونة في فتوَّةٍ متزايدة يوماً بيوم، حتى لكأنَّ الحياة السريعة المجنونة تصون فتوَّة الأبقار.

ويكتشف كذلك أنَّ أبقاره قد انضغطت بشدّة حتى كادت تتسطح إلى أقراص عندما يراها وهي تجوز بسرعةٍ خاطفة. حقاً إنَّ للحركة أثراً غريباً، الزمن يمضي أكثر بطأً، والحجوم تتقلَّص. ولم يُحاول أحدٌ بالطبع تقدير هذين الأثرين اللذين ظهرا في الأبقار، لكنهما رُصدا في جُسَيماتٍ تدعىٰ ميونات muons تتولَّد من اصطدام الأشعة الكونية بالغلاف الجوّي للأرض.

ومن الواضح أنَّ شيئاً ما كان يجب أن ينهار في الجدال المفضي إلى طرح السرعات. وكان ذلك الشيء هو مفهوم المكان والزمان المُطلَقَيْن؛ فقد قَضَت أبقارُ أينشتاين، المعروفة أيضاً باسم تجارب مايكلسن ـ مورلي، نهائياً على فكرة الكون المنتظم، ونَفَتْ المعنى المطلق والثابت للزمان والمكان، وظهر

بدلاً من ذلك مفهومٌ مرنٌ ونسبيٌّ لهما. وقد صيغت النتيجةُ فيما يُعرف اليوم بنظرية النسبية الخاصة.

عندما ينظر المرءُ في حلِّ أينشتاين للغز الضوء، يُفاجأ بأمرين اثنين: كم هو غريب وكم هو جميل. مَنْ ذا الذي يمكن أن يخرج بفكرةٍ كهذه؟ منذ نحو مئة سنةٍ ونحن جميعاً نعرف مَنْ هذا الرجل. لكنَّا لو استعدنا شريط الفيلم ونظرنا في مسار القصة سنة 1905، فأعتقد أنَّ صورةً أُخرىٰ مختلفةً ستظهر للعيان.

كان الشاب ألبرت أينشتاين إنساناً حالماً مُستغرقاً في أحلام يقظته ومتفرِّداً في تصرُّفاته، وكان أداؤه المدرسي مُتقلّباً: يتفوّق تارةً في الأداء ولا سيما في الموضوعات التي يحبُّها، ويخفق تارةً أخرى إخفاقاً تاماً؛ فقد رسَبَ في امتحانات الدخول إلى الجامعة أول مرة. كان يكره الهيمنةَ العسكريةَ الألمانية، والطبيعة الاستبدادية للتعليم في زمانه. وفي سنة 1896، عندما كان في السابعة عشرة من عمره، تخلّى عن جنسيته الألمانية وبقي دون جنسية لسنواتٍ عدّة.

وفي رسالةٍ إلى أحد أصدقائه وصفَ أينشتاين الشاب نفسَه يوماً بأنه مُهمل وانعزالي وغير محبوب من الناس. وكان ينظر إليه العقلاء من الناس ــ شأنَ أمثاله في كثيرٍ من الأحيان ــ على أنه «كلب بليد» (بكلمات أحد أساتذته في الجامعة). وبعد تخرُّجه من الجامعة وجد نفسه على خصامٍ دائم وشحناء مع الأوساط الجامعية والعاملين فيها، إلى درجة أنَّ أحد الأساتذة الكبار احتجَّ مستنكراً منحه درجة الدكتوراه أو حصوله على وظيفة. والأسوأ من ذلك أنَّ أينشتاين بات علىٰ خلافٍ مع سائر العالَم من حوله، أي أنه كان «مغرِقاً في التبطُّل والكسل.»

وفي سنّ الثانية والعشرين نجده ممزّقاً ومشتَّت المذاهب. تراه شديد الثقة بأصحاب الفكر الحرّ، ويصرّح على انفراد بشعوره بمدىٰ تفاهة أصحاب المواقف المحترمة؛ ويعيش في حالة قلق لأنه يوقن بأنَّ لا أمل له بالنجاح على

الصعيد الرسمي، وأنَّ عليه أن يحمل نفسه على تزلُّف أصحاب الشأن للحصول على عملٍ. وقد كتب أبوه رسالةً إلىٰ أحد العلماء المشهورين قائلاً: «يشقىٰ ولدي هذه الأيام من بقائه بلا عمل. وفي كل يوم تزداد رسوخاً في نفسه الفكرةُ بأنه إنسان فاشل في مهنته، ولن يجد سبيلاً للعودة إلى الجادّة بعد اليوم.»

وبرغم كل الجهود لم يعد أينشتاين إلى الحظيرة الأكاديمية، علىٰ الأقل إلا بعد لأي، وبعد أن استكمل معظمَ العمل الذي اشتُهر بسببه. تذكَّر مراحل حياته الأولىٰ بأحداث الرواية المعروفة مارتن إيدن Martin Eden للكاتب [الأمريكي] جاك لُنْدُن Jack London(*) التي تُسيء إلى الوسط الأكاديمي إلى الأبد، بما اتَّصفت به من أساليب دنيئةٍ للتسلُّط والسيطرة. وبدلاً من ذلك، وبعد عددٍ من المِحَن، تمكَّن أحد زملائه من أيام الجامعة أن يجد له وظيفةً متواضعة في مكتب براءات الاختراع في مدينة بيرن Bern في سويسرا لم تَعُدْ عليه بنفعٍ مادّيٍّ مجزٍ. والحقيقة باختصار أنَّ فُرَص العمل كانت معدومةً أو كادت.

في مكتب براءات الاختراع بالذات لمع نجم أينشتاين وهو في سن السادسة والعشرين؛ فكان أداؤه قاصراً فيما يُفترَض أن ينجزه في عمله الوظيفي، في الوقت الذي راح يصوغ فيه نظريةَ النسبية الخاصة من بين دُرَرٍ أُخرىٰ كثيرة (**). وتنويهاً بصديقه الجامعي قال أينشتاين بعد سنوات فيما قال: «ثم بعد انتهاء الدراسة تخلّىٰ عني الجميع فجأةً لأُواجه الحياة، لا أدري أيَّ طريقٍ أسلك. إلا أنه وقف إلىٰ جانبي يشدّ من أزري؛ وبفضله وفضل أبيه جئتُ بعد ذلك ببضع سنوات إلىٰ مكتب براءات الاختراع في هالر Haller. لقد كان في ذلك إنقاذٌ لحياتي في وجهٍ من الوجوه، لكن ليس إلى الحدّ الذي كنتُ سأموت دونه، بل إلىٰ الحدّ الذي كان يمكن أن يعوقني فكرياً.»

(*) 1876 ـ 1916. (المعرِّب)

(**) صرّح أينشتاين لاحقاً أنه لو حصل علىٰ الوظيفة الأكاديمية التي كان يلتمسها لما خرج بنظرية النسبية أبداً.

إذن فقد كان «هذا الرجل» يعيش على هامش المجتمع، وهو سعيد بذلك في النهاية. ومَنْ غيره عسىٰ أن يخرج بشيء قد يبدو جنوناً كنظرية النسبية؟ والمؤسف أنَّ نتاج معظم حالات كهذه، ولا سيما ما يكون بسبب العزلة، هو في الواقع أفكار غريبة ولا غَناء فيها. وعلى أحد رفوفي مئاتُ الرسائل التي تقوم أمثلةً حيَّةً على ذلك. في آخر اليوم كان علينا أن نوفّي الرجلَ حقَّه، إنه ليس مجرَّد دخيل، لقد كان ألبرت أينشتاين الذي من دونه لكان العالَمُ مُعَوَّقاً فكرياً(*).

لقيتُ مقالتُه التي تضمّ نظرية النسبية الخاصة قبولاً عاجلاً؛ فقد جاء في تصريحٍ لاحقٍ لمحرِّر الصحيفة الذي قرَّر قبولها أنه يعدّ قبوله الفوريَّ لنشر تلك المقالة الغريبة أعظمَ إسهامٍ في العلم. لكن هل أدرك أينشتاين حقاً قيمة ما فعل؟

ها هي أخته ماجا Maja في أيام شيخوختها تتذكَّر الشهورَ التي تلت ذلك فتقول: «تصوَّرَ العالِم الشابُّ أن مقالته المنشورةَ في تلك الصحيفة الذائعة الصيت والمقروءة على نطاقٍ واسع ستسترعي الانتباه وتثير الاهتمام فوراً. وتوقَّع معارضةً شديدة ونقداً لاذعاً، لكنه خرج مخذولاً خائب الأمل على أثر الصمت غير المريح الذي تلا نشرها، وبخاصَّة عندما لم تتعرَّض لها الأعدادُ التالية من الصحيفة من قريبٍ أو بعيد، إذ اعتمدت الأوساطُ العلمية المحترفة موقفَ الانتظار لترىٰ الوقع عند الناس. وانقضىٰ زمنٌ على نشر المقال قبل أن يتلقّىٰ ألبرت أينشتاين خطاباً من برلين أرسله البروفسور پلانك Planck يطلب فيه

(*) كيف اكتشف أينشتاين نظريةَ النسبية الخاصَّة؟ لا نعرف عن ذلك إلا النزر اليسير لأنه أتلف مسوَّداته كلَّها، غير أنه ترك دليلاً واحداً غايةً في الأهمية وهو أنه كان ينام قرابة عشر ساعات كل ليلة طوال المدة التي كان يُجري فيها حساباته الدقيقة. وإني شخصياً أُولي هذه الحقيقة أهميةً كبرىٰ؛ إذ يسود اعتقاد خاطئ أنَّ الأذكياء من الناس يصيبون من النوم ساعاتٍ أقلَّ منّا «نحن الأفراد العاديّين»، وتساق ـ دعماً لهذه النظرية ـ أمثلةٌ عن شخصيات من أمثال نابليون بونابرت وونستون تشرشل وحتىٰ السيدة مارگريت ثاتشر، ربما كانوا يكتفون فيما يبدو بأربع ساعاتٍ من النوم. ولستُ هاهنا بصدد البحث في أنَّ أولئك بالفعل أمثلةٌ للذكاء أم لا؛ لكني آمل حقاً أن يكون مثال أينشتاين داحضاً لهذه النظرية المغلوطة.

توضيحاً لبعض النقاط المُبهمة عليه. وكانت تلك هي الدلالة الأولىٰ علىٰ أنَّ مقالته قد قُرِئت بعد طول انتظار. وكم كانت غامرةً سعادةُ العالِم الشاب لأن تقدير عمله جاء من أحد أعظم فيزيائيّي عصره.»

والواقع أنَّ ما أحرزه أينشتاين حتى الآن كان بعيد الأثر من وجوهٍ عدة، وعلى نطاقٍ يتخطّىٰ مجرّد التعريف بالمكان والزمان النسبيّين. فطارت للنسبية شهرةٌ في الآفاق وانتقلت من نجاحٍ إلى نجاح، وما لبث شقاء أينشتاين ومِحَنُه الأولى أن انتهت مع بداية اعتراف العالَم بإنجازه العظيم. وكان لنظرية النسبية آثارٌ كبيرةٌ وبعيدة؛ فإن لغة الفيزياء ـ كما ذكرتُ آنفاً ـ هي اليوم لغة النسبية الخاصَّة إلى حدٍّ ما. أما وأنَّ مدار كتابي هذا ليس النسبية في المقام الأول، إذن فلأقتصر على إبراز ما أعدّه شخصياً النتائجَ الثلاث المهمة لهذه النظرية.

النتيجة الأولىٰ هي أنَّ السرعةَ الثابتة للضوء ـ التي لا تتغيَّر بالنسبة إلى كل الراصدين في أي زمان ومكان من الكون ـ هي أيضاً حدُّ السرعة الكوني، وهي إحدىٰ أكثر نتائج نظرية النسبية الخاصَّة إرباكاً، إلا أنها نتيجةٌ منطقية لمبدئها الأساسي. وبرهان ذلك ما يلي: إذا كنّا لا نستطيع أن نُسرِّع الضوء أو أن نكبحه، فنحن أيضاً لا نستطيع تسريع أي شيءٍ ينتقل بسرعةٍ أقل من سرعة الضوء تصاعدياً وصولاً إلى سرعة الضوء. وبالفعل فإنَّ هذه العملية هي بالضبط نقيض تبطئ الضوء. وإنَّ صورتها بالمرآة ـ لو كان ذلك مُمكناً ـ ستكون أيضاً مُمكنة خلافاً للنسبية الخاصة. من هنا كانت سرعة الضوء هي حدّ السرعة الكوني.

ولئن بدت هذه الحقيقة غريبةً، فذلك لأنَّ الفيزياء كثيراً ما تكون مخالفةً لطبائع الأمور؛ أما ترىٰ بالفعل ولوع أفلام الخيال العلمي بإظهار مركبات الفضاء وهي تخترق حاجز سرعة الضوء؟ فطبقاً للنسبية، لا يهمّ كثيراً حصولك على بطاقة لتجاوُز السرعة الكونية، إنما المهم هو أنَّ النسبية تُظهِر أنك ببساطة لن تمتلك الطاقة الكافية التي تُمكّنك من ذلك، بقطع النظر عن طبيعة المحرّك الذي تستعمله.

كذلك فإن لوجود حدّ للسرعة أثراً كبيراً في الطريقة التي يجب أن نرىٰ فيها أنفسنا في الكون. فمن المعلوم أنَّ أقرب نجم إلينا، وهو نجم حَضار ألفا Alpha-Centauri (من كوكبة قنطورس)، يبعد عنّا مسافة ثلاث سنواتٍ ضوئية، وهذا يعني أنَّ رحلة ذهابٍ إليه وإيابٍ منه ستستغرق منّا ستَّ سنواتٍ أرضية على أقل تقدير، مهما كان مستوانا التكنولوجي(*). إلا أنَّ ذلك قد لا يعني أكثر من جزءٍ من الثانية بسبب ظاهرة تمدُّد الزمن Time Dilation. وقد يُنتَظر في نهاية الرحلة وجود فارقٍ قدره ست سنوات من عدم التوافق بين أعمار روّاد الفضاء وأعمار أحبابهم على الأرض، ولربما تسبَّب ذلك في وقوع بعض حوادث الطلاق. والأمل أن يقتصر الأمر على هذا الحدّ لا أكثر.

ذلك هو الحال في أقرب النجوم إلينا، الذي يُعَدُّ «في المتناول» بالمفهوم الفلكي. فكيف عسى أن يكون الأمر فيما هو أشدّ خطراً على السلَّم الكوني؟ ومع ذلك فلنقصد في مغامرتنا، ولنتصوَّر رحلةً لا تتعدّى الطرفَ الآخر من مجرّتنا، فحتى هذا ينطوي على آلاف السنين الضوئية، ورحلة ذهابٍ وإياب، مع استغلال التكنولوجية إلى أقصىٰ حدودها، تستغرق عدة آلافٍ من السنوات بالحساب الأرضي. وعلينا أن نكون علىٰ يقين من أنَّ ظاهرة تمدُّد الزمن تقابل بالنسبة إلى روّاد الفضاء بضع سنواتٍ على الأكثر، هذا إذا لم نكن نريد لرحلة الفضاء تلك أن تصبح مقبرةً متنقلة.

وهناك تكمن المشكلة: فلو ضُغِطت التكنولوجية إلى أقصىٰ حدودها وانطلقت الرحلةُ ذهاباً وإياباً بسرعةٍ تقارب سرعةَ الضوء، لأمكن بحسب زمن الروّاد قطعُ مسافاتٍ هائلةٍ في بضع سنين، لكن ذلك سيُقابله دوماً آلاف السنين علىٰ الأرض. يا لها من رحلةٍ فضائيةٍ عديمة الجدوىٰ! وفيما يعود الروّادُ

(*) مع إغفال المسألة المهمَّة المتمثلة في كيفية تسريع روّاد الفضاء أو تبطيئهم للاقتراب من سرعة الضوء، إذ يترتَّب فعل ذلك بأقصىٰ سرعةٍ ممكنة من دون التسبُّب بقتل أحد. وقد يتبيَّن أنه موطن القصور الأكبر.

أدراجهم إلىٰ الأرض، قد يتمكنون من زيارة كوكبٍ آخر. لكنَّ المسألة ما عادت مقتصرةً هذه المرة علىٰ وقوع بعض حالات الطلاق؛ بل سينقطع أولئك الروّاد المساكين انقطاعاً كاملاً عن الحضارة التي ينتمون إليها.

فإذا كنا نرغب في تجنُّب مثل هذه الكوارث فعلينا لزوم سرعةٍ أصغر من سرعة الضوء بكثير، فلا نبتعد كثيراً عن كوكبنا، أي أن يكون مجالُنا إلى أضعافٍ من أعمارنا البشرية ــ ولنقل عشرات السنين الضوئية، وهو عددٌ سخيف لا يُعتدُّ به بالمعايير الكونية، فمجرَّتنا أكبر من ذلك آلافَ المرات؛ وحشدنا المجرّيّ الموضعي أكبر مليون مرة.

ومجمل ما ينشأ صورةٌ نحن فيها مقيَّدون بالحركة ضمن أقطار ركنٍ صغيرٍ من الكون لا نتعدّاه، أشبه بالحياة علىٰ الأرض لو لم يكن في وسعنا الحركة بأسرع من مسافة مترٍ واحد في قرنٍ من الزمن. وهي قدرةٌ للحركة محدودة جداً وغير مشجِّعةٍ كما ترىٰ.

والنتيجة الثانية المهمة لنظرية النسبية هي مفهوم الكون باعتباره رباعيَّ الأبعاد. إننا نتصوَّر الحيِّز المكاني عادةً علىٰ أنه ذو أبعادٍ ثلاثة هي العرض والعمق والارتفاع. لكن ماذا عن الأمد الزمني؟ نعم، إنَّ لكل شيء تقريباً «عمقاً زمنياً» أو أمداً، غير أنّا نعلم أنَّ الزمان مختلفٌ أساساً عن المكان. ولذلك فإنَّ إدخال الزمن في الحساب أو عدم إدخاله مسألة أكاديمية جوهرياً، أو أنها على الأقل كانت أكاديمية قبل ظهور نظرية النسبية.

وطبقاً لنظرية النسبية، نجد أنَّ المكان والزمان منوطان بالراصد، وأنَّ الأمد والطول قد يتمدَّدان أو يتقلَّصان تبعاً لحالة الحركة النسبية للراصد والمرصود كليهما. لكن إذا تقلَّص المكانُ عند تمدُّد الزمان، أليس ذلك بمنزلة تحوُّل المكان إلى زمان؟ فإذا كان الأمر كذلك، كان الكون بالفعل رباعيَّ الأبعاد. ولا يمكننا أبداً عدم إدخال الزمان في الحساب، لأنَّ المكان قد يتحوَّل إلى زمان، والعكس بالعكس.

ذاك هو تصوُّر الكون اليوم، وهو ما يُدعى زمكان مِنكوفسكي Minkowski space-time (وهو نفسه البروفسور مِنكوفسكي الذي وسَمَ الطالب ألبرت أينشتاين يوماً بأنه كلب بليد). إن المكان والزمان بحسب نظرية النسبية لم يعودا نسبيَّيْن، بل إنَّ مزيجاً منهما معاً يظلّ نسبياً. وفي ذلك شبه بسيط بمبرهنة انحفاظ الطاقة التي تعلَّمناها جميعاً في المدرسة، ومؤدّاها أنَّ للطاقة أشكالاً كثيرة (منها على سبيل المثال: الحركة والحرارة) لا ينحفظ أيٌّ منها بذاته لأن بالإمكان تحويل الحرارة مثلاً إلى حركة (باستعمال محرِّكٍ بخاريٍّ أو غيره). على أنَّ الجملة الكلّية للطاقة تنحفظ وتبقى دوماً كما هي. وبالمثل، لم يعد المكان والزمان ثابتَيْن، بل يعتمدان على الشخص الذي تتحدَّث إليه. ويمكن تمديد الأمد الزمني والطول أو تقليصهما تبعاً للراصد. ومع ذلك تبقى الجملةُ الكلّية للمكان ـ الزمان نفسها لكل واحد.

وبشيء من التفكير تجد أنَّ صورة المكان ـ الزمان تنطوي على إحداث تغييرٍ جذري؛ فالوحدة الأساسية للوجود لم تعد نقطةً في الحيّز المكاني، بل هي الخطّ الذي ترسمه هذه النقطة في المكان ـ الزمان عند اعتبارها في كل الأوقات، وهذا ما يسميه مِنكوفسكي خط الكون. إذن تصوَّرْ نفسك لا كحجمٍ في فضاءٍ ثلاثي الأبعاد، بل كأنبوب في زمكانٍ رباعي الأبعاد، أنبوبٍ مؤلَّف من حجمك وهو يتقدَّم مع الزمن نحو اللانهائية. ويُذكر هنا أنَّ الفيزيائي جورج گامو George Gamow(*) ـ بلفتةٍ لا تخلو من الظرف والذكاء ـ أطلق على سيرة حياته الذاتية العنوان: خطّي الكوني.

أما النتيجة الثالثة والأخيرة للنسبية الخاصة، التي أودّ إبرازها، فهي المعادلة المعروفة: $E=mc^2$، أي أنَّ الطاقة تساوي قيمة الكتلة مضروبةً في مربع سرعة الضوء. ولعلها من أشهر العلاقات الفيزيائية اليوم، فما هي قصتها؟

(*) 1904 ـ 1968 (المعرِّب).

يرتبط الاستنتاجُ ارتباطاً وثيقاً بأن سرعة الضوء هي حدّ السرعة الكوني. وقد سبقَ غيرَ بعيدٍ أن أقمنا البرهان على هذه الحقيقة منطقياً (من أنّا إذا كان بإمكاننا تسريع شيءٍ ما حتى سرعة الضوء، فلا بدَّ بالمقابل أن نكون قادرين على تبطيء الضوء، بما يتعارض مع ثبات c وهذا مقبول، ولكن لماذا لا نستطيع تجاوز الضوء ديناميكياً؟

إذا دفعتَ جسماً أحدثتَ فيه تسارعاً، أي تغيُّراً في سرعته، وكلما ازدادت كتلةُ الجسم (أو بالتعبير الدارج: كلما كان الجسم أثقل) ازدادت القوةُ اللازمةُ لإحداث التسارع نفسه. وما وجده أينشتاين هو أنه كلما ازدادت السرعة الظاهرية لحركة الجسم، كان الشعور أنه «أثقل» (أو بالتعبير العلمي: كان أكبر كتلةً)(*). ووجد كذلك أنه إذا اقترب جسمٌ ما من سرعة الضوء بدت كتلتهُ وقد أصبحت لانهائيةَ الكِبَر. وإذا أصبحت كتلة الجسم لانهائية فليس ثمة قوةٌ في الكون تكفي لإحداث تسارعٍ ملحوظٍ فيه. فلا شيء يمكن أن يولِّد ذلك القدر الإضافي البسيط من التسارعِ الذي يدفع الجسم حتى تناهز سرعتُه سرعةَ الضوء أو تتجاوزَها.

وهذا هو السببُ في أنَّ سرعة الضوء هي بمنزلة حدِّ السرعة الكونيّ. إنك تستنفد طاقتك وأنت تحاول فعل أمر غير منطقي؛ فالجسم الذي تدفعه يُصبح أثقل فأثقل بحيث لن تستطيع دفعه بقوةٍ كافية تخترق حاجزَ سرعة الضوء لتنال بذلك البطاقة الكونية للسرعة الفائقة، شئتَ ذلك أم أبيت.

ما شأن هذا بالعلاقة: $E=mc^2$؟ فيما يلي نورد أفكار أينشتاين أنقى ما تكون، تدعمها أسبابٌ بسيطة من التناظر والجمال. إنه الآن يلاحظ أن الحركةَ شكلٌ من أشكال الطاقة، تسمىٰ أحياناً الطاقة الحركية kinetic energy. فإذا زدتَ من كتلة جسم بإضافة مزيدٍ من الحركة إليه، بدا ذلك وكأنك تزيد من كتلته عن

(*) يكمن الفارق الدقيق بين الوزن والكتلة في ثنايا نظرية النسبيَّة العامة التي سنبسط القول فيها في الفصل القادم.

طريق زيادة طاقته (على صورة حركة هنا). لكن ما هي الخصوصية في كون الطاقة شكلاً من أشكال الحركة؟ إنّا نعرف أنَّ بإمكاننا تحويل أي شكلٍ من الطاقة إلى شكلٍ آخر، فلماذا لا نقول إنّا بزيادة طاقة الجسم (مهما كان شكل الطاقة) فإنّا بذلك نزيد من كتلته؟

إنه تعميم جريء حقاً، إلا أنَّ له آثاراً ينبغي أن تكون قابلةً للرصد من حيث المبدأ. فعند تسخين جسمٍ تزداد كتلتُه، وعند شدّ شريط مطاطي يراكِمُ طاقةً مرنة فتزداد بذلك كتلته أيضاً (زيادةً صغيرةً لا كبيرة على كل حال)، وكذا في أشكال الطاقة كلِّها. وبضربةٍ مُحْكَمَةٍ من نفاذ البصيرة، وفي مقالٍ مؤلَّفٍ من ثلاث صفحات نُشِر سنة 1905، يرى أينشتاين أنَّ كتلة جسم m بزيادة طاقته E مقسومةً على مربَّع سرعة الضوء، أي أنَّ:

$$m = E/c^2$$

ومثار الجدل هو أنه عند إضافة طاقةٍ حركيةٍ إلى الجسم تزداد كتلته، وأنَّ ذلك يصحّ على كل أشكال الطاقة لأسبابٍ تتعلَّق بالتناظر.

علىٰ أنَّ فكرةً بارعةً أُخرىٰ راودته بعد سنتين من ذلك؛ ففي سنة 1907 تمكَّن من دفع حسِّه بالجمال والتناظر خطوةً إلى الأمام، وكان قبل ذلك بسنتين قد لاحظ أنَّ تحديد علاقة بين زيادتي الكتلة والطاقة، إلى الطاقة التي هي علىٰ شكل حركة، قد أفسد وحدة الانسجام: فكل أشكال الطاقة يجب أن تعمل على زيادة كتلة الجسم. لكن ألا يوحي ذلك أنَّ للطاقة كتلة، بل وأكثر من ذلك: أنهما شيء واحد؟

ويبدو أنَّ تسوية أيّ أشكال الطاقة بالكتلة والعكس يحسِّن من وحدة انسجام النظرية وكمالها. وإذا كان ثمة كتلة لكل أشكال الطاقة، ألا يترتب على ذلك أن يكون لكل كتلة طاقة أيضاً؟ ألا يجب إذن تسوية الكتلة بشكلٍ من

الطاقة؟ لهذا أجرىٰ أينشتاين تعديلاً بسيطاً جداً على العلاقة المذكورة آنفاً، فأعاد كتابتها هكذا:

$$E = mc^2$$

وهي على بساطتها الظاهرة تعدّ قفزةً كبيرةً في المفاهيم الفيزيائية، وتتميَّز مرةً أُخرىٰ بجرأةٍ في التعميم، لكنه تعميمٌ له ما يبرّره. والعلاقة قابلة للاختبار ولها آثار ملحوظة؛ فإذا اختبرتَها بالأرقام بإجراء عمليةٍ حسابيةٍ بسيطة، سيُدهشك أن ترىٰ أنَّ گراماً واحداً من المادة ينطوي علىٰ طاقةٍ هاجعة تعادل الطاقة الناتجة عن انفجار نحو 20،000 كيلوگرام من مادة TNT.

لكن من الواضح أن هذا خطأ، أليس كذلك؟ كيف تمكَّن أينشتاين من التعامل مع هذا التناقض الكبير؟ لقد بيَّن أنّا لا نلاحظ الطاقة بحدّ ذاتها، بل نلحظ آثار تغيُّراتٍ فيها فقط: فأنا أشعر بالبرد إذا انتقلت الطاقة الحرارية من جسدي إلى الوسط المحيط بي، وأحسّ بأنَّ سيارتي تتسارع إذا ضغطتُ دوّاسة المسرِّع وأحرقتُ وقوداً، محوّلاً بذلك الطاقةَ الكيميائيةَ المأخوذة من الوقود إلى حركة. أما الطاقة الهائلة المختزَنة داخل گرامٍ واحد من المادة فتمرّ مروراً غير ملحوظ لأنها لم تنطلق في الكون أبداً؛ فهيَ أشبه بخزانٍ ضخمٍ للطاقة كامنٍ داخل جسم، ولا يفصح عن وجوده.

وفي وصفٍ مبسَّط لهذا المفهوم كتبه أينشتاين نفسه، ضربَ مثلاً رجلاً فاحشَ الثراء لا يزايل درهماً من ماله، يُضيِّق على نفسه في العيش ولا يُنفق إلا القليل، ولذلك لا يعلم أحدٌ من أمر ثروته شيئاً لأنَّ آثار التبدُّل فقط هي ما يظهر للعيان. كذلك شأن الطاقة الهائلة المرتبطة بكُتَل الأجسام.

ولعلّي أُذكِّرك بأنَّ مبحث الفيزياء النووية لم يكن قد تبلور آنئذٍ بعد، إذ تطوَّر مفهوم طاقة الكتلة من بداياتٍ لا تعدو الورقة والقلم، بل وحتىٰ من

اعتباراتٍ تناظريةٍ وجمالية محضة، ولم يكن أينشتاين المُسالِم مُدركاً تمام الإدراك لما كان مقبلاً على كشفه.

بتاريخ 6 آب/ أغسطس 1945 أنعم «الرجلُ الفاحش الثراء» الذي ضربه أينشتاين مثلاً بثروته على العالمين أجمعين.

كان لنظرية النسبية وقع زلزالٍ فكريٍّ عنيف. فما من أحدٍ اليوم يتمارىٰ في أنَّ النسبية قد أحدثت ثورةً في عالَم الفيزياء، إلا أنها غيَّرت في الوقت نفسه ـ وإلى الأبد ـ من إدراكنا لمفهوم الحقيقة، فضلاً عن آثارها البعيدة في وجهة تاريخ القرن العشرين برمّته، إلى درجةٍ لا تجد معها في هذه الأيام أحداً لم يسمع بنظرية أينشتاين النسبية.

وسرعان ما أدرك أينشتاين أنَّ نظريته غير مُكتمِلة، وهذا هو سببُ تسميته لها بالنسبية «الخاصة»، فعكف علىٰ إيجاد نظرية النسبية «العامة»، وكان ذلك عملاً مُثيراً حقاً ورائداً في بابه، غير أنَّ قصة اكتشاف النظرية ليست قصَّةً مباشِرةً واضحة المعالم: فقد انتهت عند هذه النقطة سذاجةُ المراهقة وأحلامها، وبات سعي أينشتاين الجاهد للوصول إلى نظرية النسبية العامة كابوساً حقيقياً لإنسانٍ ناضجٍ فعلاً. انظر إلى الصُّور الفوتوگرافية الملتقَطة له وقد شارفَ إتمامَ النظرية العامةِ تَرَ رجلاً مُنْهَكاً تماماً، سيماه ونظراته كمن هو خارج توّاً من معركةٍ فكريةٍ طويلةٍ وقاسية.

3 مسائل في الثقالة

ما من أحدٍ إلا وقد سمع بنظرية أينشتاين النسبية، إلا أنَّ البعض قد لا يعلم بوجود نظريَّتين اثنتين لها: خاصةٍ وعامة. وقد عرفتَ قريباً شيئاً عن النسبية الخاصة، وهي في الواقع لا تصحّ إلا في الحالات التي نستطيع فيها إغفال قوة الثقالة، وتلك حالات «خاصة» جداً. إلا أنَّ أهمية الثقالة تَبرز في الأحوال التي هي أكثر «عمومية». تَفكَّرْ فيما يُمسكنا على الأرض، أو ما يوجِّه حركات الكواكب، أو ما يتحكَّم في حياة الكون ككل (وهذا أقرب إلى موضوع الكتاب، باعتبار تفاوت سرعة الضوء VSL نموذجاً كونياً). وهنا تبرز الحاجةُ إلى نظريةٍ عامةٍ في النسبية تصلح في الأحوال التي لا يُمكن معها تجاهُل قوة الثقالة.

إنَّ نظرية النسبية العامة مختلفةٌ اختلافاً كبيراً عن النسبية الخاصة. ففي سنة 1905 أدرك أينشتاين ـ ولمّا يزل حديث العهد بالنسبية الخاصَّة ـ أنَّ أحدث نتاجه لا يصلح أن يكون وصفاً سليماً للطبيعة عند إدخال قوة الثقالة في الحسبان. وأدرك كذلك أنَّ نظرية نيوتن في الثقالة، التي كانت مقبولةً آنذاك، لا تنسجم والنسبية الخاصَّة مع اعتبار ثبات سرعة الضوء وفكرةِ نسبية الزمن. ومع ذلك فإنَّ إيجاد نظريةٍ «نسبوية» Relativistic للثقالة كان في حدّ ذاته صراعاً مضنياً، حتى لذلك الرجل العظيم.

ومن المؤسف أنَّ الخبرة التي اجتمعتْ لأينشتاين في بناء النظرية الخاصة لم تكن ذات صلةٍ بالنظرية العامة البتَّة، فكان عليه أن ينفق عشر سنواتٍ من العمل الشاقّ للوصول إلى الناتج النهائي. وقد صرَّح سنة 1912: «إني منصرف الآن بكلِّيَّتي إلى حلِّ مسألة التثاقل، وأعتقد أني سأتغلَّب على الصعوبات كلِّها بمساعدة صديقٍ طيِّب متخصّص في الرياضيات... وتعدُّ نظريةُ النسبية الأصليةُ مقارنةً بهذه المسألة أمراً جدّ يسير.»

ولقد كان عملاً طموحاً فعلاً، تطلَّب منه اللجوء إلى الرياضيات بما هو فوق إمكاناته، حيث شعر بالحاجة إلى الاستعانة بعلماء الرياضيات المحترفين. وكثيراً ما كان يقع في الخطأ ويرجع عنه ثم يقع فيه مرة أخرى. وبالمصادفة وقع على النظرية الصحيحة، إلا أنه بالطبع تخلّى عنها، ثم عاد إليها في آخر المطاف، حتى يبدو الأمر كلُّه للناظر فيه وكأنه سلسلةٌ من كوميديا الأخطاء انتهت نهايةً موفَّقة لا ينتهي إليها إلا رجلٌ نابهٌ عبقري النزعة.

ومن غرائب الأُمور أنَّ أينشتاين نفسه طرَحَ في مقالةٍ له سنة 1911 نظريةً في تفاوت سرعة الضوء! والعلماء اليوم في هذا الشأن قسمان: قسمٌ ذاهل لما حوَتْه تلك المقالة التي كتبها ألبرت أينشتاين العظيم عندما كان أستاذاً في مدينة پراگ Prague، وقسمٌ لم يسمع بها أصلاً. هذا بانِش هوفمان Banesh Hoffmann زميل أينشتاين وكاتب سيرته يصف هذه القطعةَ من عمل أينشتاين فيقول: «كل هذا ماذا يعني؟ إنَّ سرعة الضوء ليست ثابتة، وأنَّ التثاقل يُبطئها. يا للضلالة! ومَن أينشتاين نفسه.»

ويبدو لي أنَّ من يأخذ عِلمه عن كتبٍ مقرَّرة، لا يرى في معارضة ذلك العلم أكثر من بدعةٍ أو ضلالة. ولو أنك خرجتَ بفكرةٍ مستمّدَّةٍ من كتاب، فلا أخالك إلا أقلَّ الناس اعتناقاً لها أو التزاماً بها. لكن دعني أُبادر إلى القول موضِّحاً أنَّ نظرية تفاوت سرعة الضوء التي طرحها أينشتاين سنة 1911 لا تمتُّ بصِلةٍ إلى هذه التي أنا الآن بصدد الكتابة عنها والقول فيها في نهاية القرن

العشرين. وقد تبيَّن له فعلاً خطأ نظريته، فأودعها راضياً سلةَ المهملات مع بعض الفِكَر العقيمة الأخرىٰ.

وبحلول سنة 1915، وإبَّان الحرب العالمية الأولىٰ، كان أينشتاين قد توصَّل أخيراً إلى ما نعرفه اليوم بنظرية النسبية العامة. فكانت النتيجةُ بحقّ مَعْلماً خالداً مجسِّداً للذكاء الإنساني وشاهداً للعبقرية الرياضية ونفاذ البصيرة الفيزيائية. ولولاها لما كان سيُكتب لعلم الكون الحديث (أو تفاوت سرعة الضوء، أو بالأحرىٰ هذا الكتاب) الوجود.

وهي إلى جانب ذلك نظرية بالغة التعقيد، وتتطلَّب الاستعانة بفرعٍ من الرياضيات جديد لم يُستعمل من قبل جدّياً في مجال الفيزياء، هو الهندسة التفاضلية *Differential Geometry*. وتبرز صعوبة فهمها للفيزيائيين غير المحترفين خصّيصى؛ وآية ذلك تجاربي الشخصية الأولى المتقطِّعة في التعامل مع تعقيدات النسبية العامة.

بعد أن درستُ كتاب أينشتاين وإنفِلْد عندما كنتُ في الحادية عشرة من عمري(*) عزمتُ على معرفة المزيد عن النسبية، ولا سيما الاطلاع علىٰ المعادلات نفسها وعدم الاكتفاء بالشروح. وقد وافتني الفرصة عندما وجدتُ كتاباً ممتازاً من تأليف ماكس بورن Max Born يعرض فيه نظريةَ النسبية الخاصة عن طريق الاستعانة بالرياضيات، وبالأسلوب الذي تعلّمناه في المدرسة.

وكان ذلك الكتاب هو غاية مرادي، علماً بأنَّ ذلك قد لا يروقك إن لم تكن محبّاً للرياضيات؛ إذ لن تُدرك لماذا يسعىٰ إنسانٌ إلى تعلُّم أمرٍ باختيار المرتقىٰ الصعب وعن طريق العلاقات الرياضية، في حين أنَّ الشروحَ الواضحة مُتاحة وفي متناوله. وأقول لك إنَّ ذلك هو منهج تفكير الفيزيائيين، وقد كان تفكيري قد اتَّخذ منحىً فيزيائياً. إنّا لا نشعر بأنَّ فكرة ما قد أصبحت حقاً نظريةً

(*) يعني كتاب «تطوُّر الفيزياء *The Evolution of Physics*» الذي مضت الإشارة إليه في صدر الفصل السابق (المعرِّب).

فيزيائيةً ما لم نَرَها مصوغةً في قالبٍ رياضي، وكما قال گاليليو Galileo مرةً: إنَّ كتاب الطبيعة مرسومٌ بلغة الرياضيات.

وبسرورٍ غامر تتبَّعتُ المشتقّاتِ الرياضيةَ كلَّها في كتاب بورن. وعندما أنهيتُ فيه الفصلَ المتعلق بالنسبية الخاصة، أحسستُ بأني قد انغمستُ فعلاً في أجوائها وأخذتُ بناصيتها. غير أنَّ الكتاب انتقل ليبحث في النسبية العامة، فتحوَّل أُسلوبُه فجأةً إلى الغموض والإطناب في الكلام، فشعرتُ أني عدتُ إلى المستوىٰ الممجوج من الإسراف في الشرح والتفصيل ليس إلاَّ، ففقدتُ تمكُّني من الموضوع.

وثمة كتابٌ آخر بعنوان «معنى النسبية *The Meaning of Relativity*» يتناول نظريةَ النسبية العامة تناولاً تقنياً بحتاً، وهو مجموعة محاضرات لأينشتاين ألقاها في جامعة پرنستون سنة 1921، فقد حضر أعزُّ أصدقائي يوماً ومعه نسخة من هذا الكتاب. ومع أنّا لم نفهم كلمةً منه، فقد أدهشَتنا صعوبته: فهو مزيجٌ من الرياضيات البالغة التعقيد، والمناقشات المستعصية على الفهم . . . ولم يكن اختياري حكيماً عندما ظننتُ أنه طِلبتي ومرادي.

اندفعتُ إلى المكتبة حيث اشترىٰ صديقي نسخته، وسرعان ما خاب فألي عندما رفض العاملون فيها بيعي النسخة الأخيرة الباقية، وأعلموني أيضاً أنها طبعةٌ نادرة جداً ونافدة من الأسواق. وكنتُ مغضَباً آنئذٍ، إلا أني عندما أذكر ذلك الآن أقرّ لهم بصواب رأيهم: ماذا عساك تفعل إذا وُجد على رفوف مكتبتك آخرُ نسختين من كتابٍ تقني نادرٍ لأينشتاين، ثم يأتي فتَيان لشرائهما . . . إني أتساءل حتى اليوم محاولاً قراءة أفكارهم عن هدفنا من شراء الكتاب: ربما ظنّوا أنّا سنستعين به في صنع قنبلةٍ نووية. على كل حال لا بدّ أنهم شعروا أنَّ في نيَّتنا أمراً غير محمود، وكان ظنُّهم في محلّه إلى حدٍّ ما.

حسبتُ حينذاك أني كنتُ ضحيَّة ظلم حاق بي نتيجة التمييز الصريح بين الناس، ربما بناءً على أعمارهم. لذلك أعدتُ المحاولة من جديد، فطلبتُ من

والدي الذهاب بنفسه لشراء الكتاب، فوافق مبدئياً، إلا أنه عاد في اليوم التالي صفر اليدين، يهزّ رأسه مستنكراً وقائلاً «إنَّ هذا الكتاب لا يصلح للأطفال»، فتساءلتُ لعله أخطأ في إدراك أيِّ كتابٍ أريد، لكنه تابع قائلاً إنَّ كتاب أينشتاين من شأنه أن يشوّشني لأني أجهل «كل تلك الرموز والمتغيِّرات العويصة.» ثم إنه استجاب مُكْرَهاً تحت وطأة إلحاحي، فتوجّه إلى المكتبة وصار الكتاب ملك يدي.

بذلتُ جهد استطاعتي في دراسته وبذلتُ غاية إمكاناتي محاولاً ومحاولاً حتى أعياني فهم محتواه. وتبيَّن لي أنَّ هذا الكتاب، خلافاً لكتاب بورن، يتطلَّب أكثر بكثير من الرياضيات التي يتعلَّمها الطالب في المدرسة؛ إنه يتطلَّب مستوىً متقدِّماً جداً من التفاضل والتكامل، أي من الرياضيات التي لا يتعلمها المرء إلا في الجامعة، وبضاعتي من ذلك قليلة، بل هي أقرب إلى العدم. وهكذا، بتجربتي المبكرة هذه أدركتُ تماماً أن نظريتَي النسبية العامَّة والخاصَّة مسألتان متباعدتان تماماً.

ومع ذلك لم استسلم، وعزمتُ على أن تكون أُولىٰ خطواتي التالية تعلُّمَ حساب التفاضل والتكامل، فجمعتُ لتلك الغاية ما أمكنني جمعه من الكتب ذات الصلة، وأقمتُ على دراستها بالتفصيل على مدىٰ السنوات التالية، ووجدتُني أعود كل نحو ستة أشهر لأفتح كتابَ أينشتاين لأرى هل تمكِّنني درجةُ تقدُّمي في الرياضيات من فهم أي شيءٍ منه مهما كان صغيراً، لكني أجد نفسي لا أزال في ظلامٍ دامس.

تلك التجربةُ القاسية في مرحلةٍ مبكرةٍ من حياتي كانت وراء معظم ما حصّلتُه من معرفةٍ رياضيّة؛ فقد اكتسبتُ جُلَّ معلوماتي في حساب التفاضل والتكامل بتعلُّم ذاتيٍّ إلى المستوىٰ الذي أمَّلتُ معه فهم ذلك الكتاب. لكني بدأتُ أفقد كل أملٍ بالنجاح عندما استكملتُ تعلُّم هذه الرياضيات الجديدة، ومع ذلك لم أفلح في فهم كلمةٍ واحدة من كتاب أينشتاين. فحوَّلتُ توجُّهي

العلمي إلى الجامعة وتخرَّجتُ فيزيائياً. وطال العهدُ على الكتاب ولم يُفْتَح، فصارت صفحاتُه هشَّة مع الأيام، في حين فقدتُ كل أملٍ لي في إدراك «معنىٰ النسبية.»

ومرَّت سنوات إلى أن وقعتُ مصادفةً ـ وأنا فيزيائي في كامبردج ـ علىٰ تلك النسخة القديمة من كتاب أينشتاين، منسيَّةً في بيت والديَّ. فتحتُه وما كدتُ أفعل حتى انكشف الغطاء عن بصيرتي فجأة واتَّضح أمامي كلُّ شيء، فعلمتُ أني لم أكن لأفهم كلمةً واحدة منه لا بسبب جهلي بالخلفية الرياضية والفيزيائية المناسبة كما كان يتراءىٰ لي، بل بسبب الرموز التي كان أينشتاين يستعملها، والتي كانت مستغلقةً على الفهم.

حقاً، كان أينشتاين يستعمل مجموعةً من الرموز المعقَّدة والغريبة التي لم يستعملها أحدٌ غيره في زمانه أو من بعده. ولربما كان ذلك نتيجةً مباشرةً لعزلته الأكاديمية المفروضة عليه وابتعاده عن الوسط الجامعي في مستهل حياته المهنية. لقد عرفتُ الآن أنَّ سرعة الضوء بدلاً من C أصبحت V. هل $E=mc^2$؟ لا بل إنَّ $L=MV^2$ أفضل بكثير. ولئن كان هذان المثالان ليسا على درجةٍ كبيرة من الصعوبة لفهمهما، فإنك ما إن تصل إلى النسبية العامَّة إلا وتجد نفسك وجهاً لوجه أمام نصٍّ معمّى: سطور من التكاملات المضاعَفة، وفيضٌ من الحروف القوطية المستدِقّة، وكميات رياضية ممتدَّة كُتبت كمصفوفاتٍ تامة، شكل كاريكاتوري لخرابيش عالِم مفتون! ولا بد لكي يكون لك حظ في فهم مرماها أن تبدأ أولاً بفكّ المعمّىٰ.

ولما كنتُ قد تعلَّمتُ النسبيةَ العامة بوسائلي الخاصة، فقد مكَّنّي ذلك من استيعابها في ذلك الكتاب، وحلّ مغاليق تلك الرموز العويصة استناداً إلى ما عرفتُه قبلاً. وليس الأمر كذلك عندما تحاول التصدّي للنسبية العامة أولَ مرة باستعمال الكتاب نفسه، عندئذٍ لن يكون لك من النجاح أدنىٰ نصيب مهما كان مستوى خلفيتك العلمية، وستشعر عندئذٍ كما لو أن الكتاب قد رُسم باللغة الصينية.

وهكذا تبيَّن لي صواب رأي والدي منذ البداية، حتى لو كان على أسبابٍ خاطئة. صحيحٌ أني لم أكن لأعرف معنىٰ «كل تلك الرموز وكل تلك المتغيِّرات،» إلا أنك كثيراً ما تنتهي إلى بلوغ قمة إيفرست على حين يكون هدفك القمر. ثم لا ننسىٰ أيضاً أنَّ الأولاد قلَّما يصغون إلىٰ نصائح آبائهم . . .

في سنة 1906 كان أينشتاين قد أدرك أنَّ نظرية نيوتن في الثقالة تتعارض تماماً مع نظريته النسبية الخاصة؛ فهي تخالف الفكرة القائلة إنَّ لا شيء أسرع من سرعة الضوء، وهذا أمر لا صعوبة في فهمه.

إنَّ قوة الثقالة من أوضح القوىٰ في حياتنا اليومية؛ فهي التي تمنعنا أولاً من الارتفاع عن الأرض والطيران في الفضاء لاإرادياً. إلا أنها تختلف عن سائر القوى في جانبٍ مهمٍّ جداً من حياتنا اليومية؛ فالقوىٰ الأخرىٰ كلها تبدو قوى تلامس أو تلاصق Contact Forces إنك إذا همزتَ شخصاً، كان لديه بعضُ الشكّ في أنَّ تلامساً قد حصل، وكلُّ ما عدا ذلك من دفعٍ وجذبٍ واحتكاك وغير ذلك، إضافةً إلى كل القوىٰ الميكانيكية التي تُحيط بنا، تُحدِث أثراً بالتلامس المباشر، إلىٰ حدّ أنَّ فكرة القوّة باعتبارها فعلاً ناتجاً عن تلامس أمر مألوف وملحوظ في تصوُّرنا اليومي للقوّة.

ولعل الاستثناء الوحيد هو الثقالة Gravity التي يبدو أنها تعمل من بُعد. فأنا عندما أقفز من منصّة فليس ثمة حبالٌ تربطني بالأرض، ومع ذلك تجذبني الأرضُ باتجاه مركزها. كذلك فإنَّ الشمسَ تجذب الأرضَ وتبقيها طوّافةً في مدارها من مسافة 100،000،000 ميل ومن غير حبال تشدّها أيضاً. وقد حارَ نيوتن بهذه الحقائق إلى درجةٍ جعلته يعرب عن إحباطه من نظريته كما يلي: «القول إنَّ الثقالة هي أن . . . يؤثِّر جسمٌ في آخر من بُعدٍ وعبر خواء، دون واسطةٍ قد ينتقل عن طريقها التأثيرُ والقوة من أحدهما إلى الآخر، هو بالنسبة إليَّ من السُّخف بمكان، ولا أعتقد أنَّ أحداً يمكن أن يُخدع بها.» ومن الواضح

أنَّ نيوتن ممكن أن يكون أسعد حالاً لو أنَّ الأرض والشمس كانتا مرتبطتين بحبال.

على أنَّ الحيرة التي تُسبِّبها فكرة التأثير والتأثُّر من بُعد ما هي بالطبع إلا حيرة سطحية فقط؛ فإذا أعملتَ الفكر برهةً أدركتَ أنَّ كلَّ الأفعال، وحتىً تلك التي نقرنها باللمس، تجري في واقع الأمر من بُعد. هل تظن أنَّ تلامساً يحصل عند همزك إنساناً؟ حاولْ أن تتصوَّر الجزئيات التي تؤلِّف جسدك على أنها منظوماتٌ شمسيةٌ دقيقة تحكمها الكهرباء بدلاً من قوة الثقالة، وينبذ بعضها بعضاً عند تقاربها. إنها لا تتلامس، بل تتنابذ من بُعد عند تقاربها بدرجةٍ كافية، وذلك ما يولِّد شعوراً يشبه التلامس عند الهمز. بل إنَّ من المحتمل أن تكون بضع جزيئاتٍ قد لُفِظت من براجم يدك ومن وجه الشخص الآخر؛ إلا أن تلامساً حقيقياً لم يحدث بالتأكيد بين تلك الجزيئات.

لذلك تعدُّ قوىٰ التلامس الميكانيكية أفعالاً من بُعدٍ أيضاً عند رصدها من مستوىً جزيئي، إلا أنها من نمطٍ كهربائي. وكذا القوىٰ اليومية كافةً هي أفعال من بُعد عند المستوى الأساسي، إلا أنها من النوع التثاقلي أو النوع الكهرمغنطيسي. ومع ذلك فهناك وجوه اختلافٍ كثيرة بين هذين النوعين من القوىٰ: فالقوىٰ الكهربائية يمكن حجبها على المدىٰ البعيد لأنَّ الأجسام قد تكون متعادلةً كهربائياً، في حين ليس ثمة ما هو متعادل ثقالياً. كذلك فإنَّ القوىٰ الكهربائية أقوىٰ بكثيرٍ من قوة الثقالة، إذ ينبغي جمعُ كتلةٍ كبيرةٍ قبل أن تصبح قوة الثقالة ذاتَ بال. ولعلَّ من الأمثلة الصالحة الموضِّحة لذلك ما يحصل لإنسانٍ يقفز من طائرةٍ بدون مظلَّة هبوط؛ ففي حين تستغرق الثقالةُ زمناً لتسريعه، لا تلبث القوىٰ الكهربائيةُ التي تؤثِّر فيه عندما يهوي إلى الأرض أن تعمل على تبطيئه بسرعةٍ كبيرةٍ جداً.

علىٰ أنَّ فرقاً آخر مهماً ظهر سنة 1906، فقد كان من المعلوم أنَّ الأنماط

«الكهربائية» للأفعال تنتقل بسرعة الضوء. والحقيقة أنَّ نظرية النسبية الخاصة كلَّها مرتبطةٌ بالنظرية الكهرمغنطيسية للضوء، لا بالأبقار كما قد أكون حملتُك على الاعتقاد. وفي مقابل ذلك، كان يُنظَر إلى الثقالة النيوتنية(نسبة إلىٰ نيوتن) علىٰ أنها فعلٌ آنيٌّ من بُعد. ومن هنا برز التعارض بين الثقالة النيوتنية والنسبية الخاصَّة، فطبقاً للنسبية الخاصَّة لا شيء يمكن أن ينتقل بسرعةٍ تفوق سرعةَ الضوء، بلهَ بالسرعة اللانهائية.

وقد يكون هذا التعارض أكبر مما قد يبدو في الظاهر. فبمقتضىٰ الثقالة النيوتنية، إذا تغيَّر موضع الشمس استجابت الأرض لتغيُّرها عن طريق قوة الثقالة في الحال، أي «في الوقت نفسه تماماً.» لكن مهلاً! إنّا نعلم أنَّ مفهوم «الوقت نفسه» في النسبية الخاصة مفهومٌ نسبيّ تختلف معانيه باختلاف الراصدين. ثُمَّ إنَّ نظريةً تقول إنَّ قوةً تُحدِث أثراً في الوقت نفسه لا يمكن أن تكون منسجمةً مع النسبية الخاصَّة، لأنّا نعرف أنَّ للفعل معنىً نسبياً بالضرورة، وهو نفسه بالنسبة إلىٰ الراصدين جميعهم، تجنُّباً للتناقض.

كانت تلك هي الصعوبات التي واجهت أينشتاين في مواجهة قوة الثقالة من ناحية، ونظريته النسبية الخاصَّة من ناحيةٍ أُخرىٰ. فقد كان بحاجةٍ إلىٰ استبدال فكرة نيوتن في الفعل الآني من بُعد بنظريةٍ تنتقل بموجبها الثقالةُ بسرعةٍ متناهية، ولتكن ـ رغبةً في التبسيط ـ هي سرعة الضوء. هل يبدو هذا بسيطاً؟ إنه يبدو كذلك دوماً بعد أن يقوم أحدٌ بتمهيد أول الطريق. وواقع الأمر أنَّ الثقالة أَبَتْ أن تنتقل بسرعة الضوء لأسبابٍ تقنيةٍ كثيرة، وبذلك ظلَّ أينشتاين حائراً يتخبَّط في الظلام مدةً طويلة.

وأخيراً جاء الإلهام من تجربةٍ قديمةٍ منسوبةٍ إلى گاليليو، لم يكن ليفهمها أحد فهماً كاملاً.

في ناحيةٍ جميلةٍ من مدينة پيزا Pisa الإيطالية يشمخ صرحٌ ما انفكَّ يشهد

على القدرة الإنسانية حتى في ارتكاب الخطأ، برجٌ مائل يراهن البعضُ على أنه لن يستمر طويلاً، برغم المساعي الحثيثة لتثبيته وفق معايير التكنولوجية الحديثة. بدأ البرج يميل منذ البداية، أي في مراحل بناء الطبقات الأولىٰ منه. ومن غير المعروف عموماً أنَّ البرج في ذلك العهد المبكر قد مال فعلاً في الاتجاه المعاكس. وفي محاولةٍ لمعالجة أساساته المتطامنة، راح المهندسون يعملون بمزيدٍ من نشاطٍ واندفاع، فبدأ البرجُ بعد ذلك مباشرة بالميلان بالاتجاه الآخر، أي في اتجاهه الحالي.

ومع بناء مزيد من الأدوار بُذلت مساعٍ لإخفاء هذا العيب، وذلك عن طريق إنشاء الأدوار الجديدة بصورةٍ أفقيةٍ بعد أن صار يُؤخذ الانخساف في الحسبان، فأدَّىٰ ذلك إلىٰ اتخاذ أقسام البرج الوسطى شكلَ موزة. وقد نجحت هذه الحيلة بادئ الأمر لولا تزايد درجة الهبوط تزايداً مطَّرداً على امتداد القرون، إلىٰ درجةٍ يبدو معها شكلُ الموزة اليوم واضحاً تماماً.

إنَّ برج بيزا المائل هو الآخر بمنزلة كوميديا أخطاء، تحاكي في جانبٍ منها السنوات التي قادت أينشتاين إلىٰ نظرية النسبية العامَّة، سوىٰ أنك في حالة البرج تبقى مع الأخطاء، علىٰ حين لا يُذكَر في حالة النسبية العامَّة غير الناتج النهائي.

يُقال، علىٰ غير وجه يقين، إنَّ گاليليو قد أجرىٰ من أعلىٰ هذا البرج التجربةَ المعروفة التي أسقط فيها أجساماً ثقيلةً مختلفة الأوزان، لكنها متساوية في درجة ملاستها (تخضع إلى درجةٍ واحدةٍ من الاحتكاك بالهواء)، فوجد أنها استغرقت في سقوطها زمناً واحداً وسرعةً واحدة، في تعارضٍ واضح مع فيزياء أرسطو التي تؤكِّد على الفكرة القائلة إنَّ سرعة السقوط للأجسام الثقيلة أكبر منها للأجسام الخفيفة. لكنك إذا استبعدتَ الاحتكاك من كل الاعتبارات وجدتَ أنَّ الأجسام الثقيلة والخفيفة تسقط بسرعةٍ واحدة تماماً إذا كانت خاضعةً حصراً لقوة الثقالة.

ألم تقتنع؟ خذ إذن صحيفةً تضعها فوق كتابٍ أكبر منها (حيث يستوعب

سطحُ الكتاب كاملَ سطح الورقة)، ثم اتركهما يسقطان. ستجد أنَّ الكتاب والورقة سيسقطان معاً(*).

هذه الحقيقة الغريبة تتنافىٰ مع الفطرة والبديهة، ويعترض عليها الناس بعنف أحياناً. وأذكر شخصياً أني كنتُ أقف مرةً على منصة القفز [في مسبح] مع أُختي وشخصٍ آخر راح يتساءل ما الذي قد يحصل لو انكسرت المنصّةُ تحت وطأة وزننا فسقطنا جميعاً. كان مقتنعاً أنها قد تكون مصيبةً حقيقية لأنَّ المنصّة إذا كانت أثقل منّا ستسبقنا إلى السقوط ثم سنسقط نحن عليها. وقد سبَّب ذلك جدلاً كاد يتّسع لولا أن بادرت أُختي فطلبت منّا الكفَّ عن ذلك الهراء.

تلك هي الظاهرة الغامضة التي وفَّرت أُولىٰ بذور الإلهام لبلوغ نظرية النسبية العامَّة، لأنها أولاً وجدت ثلماً في صميم النظرية التي كان يُحاول أينشتاين استبدالها، وهي نظرية الثقالة لنيوتن، التي كانت قاصرةً عن تعليل سقوط الأجسام الخفيفة والثقيلة بتسارعٍ واحد. والقاعدة المألوفة في العِلم، كما في القصص البوليسية، أنك قبل أنَ تصل إلىٰ الحل الصحيح للُّغز عليك أولاً أن تجد موطن الضعف في النظرية السائدة الخاطئة، أي «الحل الخاطئ» الذي يوْدِع البريءَ السِّجنَ ويترك الجاني الحقيقيَّ مطلقَ السراح.

وإليك التفسير الذي اقترحه نيوتن لسقوط الأجسام كلِّها بالطريقة نفسها: من المعلوم أنَّ الأجسام التي هي أكبر «كتلة» هي أكثر مقاومةً للقوىٰ العاملة فيها. تُسمَّىٰ هذه المقاومةُ بالعطالة Inertia وتُقاس بما يطلق عليه اسم الكتلة العطالية *Inertial mass* وكلما كبرت كتلةُ الجسم العطالية، ازدادت القوةُ اللازمة لإعطائه تسارعاً معيَّناً.

لكنَّ قوةَ الثقالة تُقابل هذا التأثير بخاصيّةٍ مميّزة: فهي تجذب الأجسامَ

(*) هذه تجربة مضلِّلة، لكنها تفي بإيضاح الغرض في غياب ما هو أصلح منها.

الكبيرة الكتلة جذباً أشدَّ، حيث تتزايد قوةُ الثقالة مع تزايد كتلة الجسم. وتُقاس هذه الظاهرة بالوزن أو بالكتلة التثاقلية Gravitational mass للجسم. ومع ذلك قد يحدث أن تتساوىٰ الكتلتان التثاقلية والعطالية للأجسام كلها، وهي حقيقةٌ واضحة جداً لا يكاد المرء معها يلاحظ أنها قد لا تكون صحيحة.

إذن كلما ازدادت كتلةُ الجسم وكثافتُه ازدادت عطالتُه (أي مقاومته للتسارع)، إلا أنَّ وزنه عندئذٍ يكون أكبر أيضاً، وكذلك قوة الثقالة العاملة فيه، ولذلك تزداد مقاومة الجسم لقوة الثقالة التي تعمل أيضاً على جذبه بدرجةٍ أشدّ، فيجتمع الأثران معاً بصورةٍ كاملة لإكساب التسارع نفسه على الأجسام كافة مهما بلغت كُتَلُها.

لماذا كانت هذه ثغرةً كبيرةً في نظرية نيوتن في الثقالة؟ لأنها لا تُعطي تفسيراً للتساوي التام للكتلتين العطالية والتثاقلية. وهذا التساوي ـ وفقاً لنظرية نيوتن ـ هو محض اتفاقٍ مُستغرَب. ونلاحظ بين كميَّتين مختلفتين إلىٰ حدٍّ ما وجودَ تساوٍ دقيقٍ ينطبق على الأجسام كلِّها بلا استثناء. ومع ذلك تقصر نظريتُنا عن تقديم تفسيرٍ لهذه الحقيقة اللافتة، وتكتفي بالإعراب عن صحَّتها.

مع كل ذلك فقد حقَّقت نظريةُ نيوتن في الثقالة، وما برحت تُحقِّق، نجاحاتٍ عظيمةً باهرة لم يحفِل أحدٌ معها مناقشةَ هذا الجانب من القصور المفاهيمي فيها. ومعلومٌ لنا أنَّ معيار النجاح الرئيسي لكل نظرية، عند نقطةٍ معيَّنةٍ، يتمثَّل في مدىٰ صحّتها عند التطبيق العملي. ونحن نرىٰ ونسمع أنَّ عمليات إطلاق الصواريخ والمركبات تعتمد في المقام الأول وحتىٰ يوم الناس هذا علىٰ نظرية نيوتن في الثقالة، ولم يحدث أبداً أن ضلَّ أحدها في الفضاء.

لم يلقَ هذا الرأي قبولاً لدىٰ أينشتاين الذي أدرك من فوره أنهم أودعوا السجنَ الشخصَ الخطأ عندما حاول لفتَ الأنظار إلىٰ هذه الثغرة المفاهيمية في نظرية نيوتن. وبدأ يتساءل: هل الحقيقةُ المُتمثِّلة في أنَّ الأجسامَ كلَّها تسقط بطريقة واحدة تعني شيئاً؟

ومع علمي بأنَّ ما سأقوله قد يبدو ضرباً من الجنون، فلنُخضِع أنفسَنا للتصوُّر التالي: لنفكِّر بكلّ ما يُمكن من الأجرام التي لا تحكمها إلا قوَّة الثقالة فقط، كالكواكب المحيطة بالشمس، والمذنبات الهائمة عبر المنظومة الشمسية، والصخور الساقطة من السماء... بل لنمعن في الجنون إلى أقصىٰ درجة فنتصوَّر أنَّ الفضاء الحيّزي والزمان (الزمكان) كله مملوء بأجسامٍ وهمية تسقط سقوطاً حرّاً، وأنَّ لكل نقطةٍ في الزمكان كائناً خاصّاً بها يسقط سقوطاً حراً أيضاً وفي كل الاتجاهات والسرعات الممكنة. وحسبما عرفنا آنفاً، فليس من المهم تحديد أيَّ الكائنات مخصَّص لهذه النقطة أو تلك، مادام الجميع يسقط سقوطاً واحداً ويتبع مساراً لا يهمّ فيه تحديدُ ماهية الكائن الذي يسلكه، بحيث يبدو الأمر وكأنَّ الخطوطَ التي يرسمها هذا الحشد الهائل من الكائنات الساقطة لا تعتمد علىٰ ماهية الجسم الساقط بحدّ ذاته، بل علىٰ أنها مساحات تنتمي إلى الزمكان وتكتنفها الثقالة.

تتَّصف هذه الخطوط أنها منحنية عموماً لأنَّ الخاصية الأساسية للثقالة هي أنها تجذب مسارات الأجسام بعيداً عن الحركة المستقيمة المنتظمة. تهيَّأ الآن للقفزة المفاهيمية الكبيرة؛ لفكرةٍ بارعةٍ أُخرىٰ: تبدو هذه الخطوط التي تؤلِّف مساراتِ الكائنات الساقطة سقوطاً حرّاً، والتي تنتمي في الواقع أكثر إلى الزمكان منها إلى الشيء الساقط، تبدو كأنها ترسم طبوگرافية سطحٍ منحنٍ، أي إنها تحاول أن تُظهِر لنا أنَّ هذا السطح الرباعيَّ الأبعاد ـ الزمكان ـ هو سطحٌ منحنٍ. وبتعبير آخر، تبدو الأجسامُ الساقطة سقوطاً حرّاً وكأنها تنوب عنّا في رسم صورةٍ ذهنية لدوائر خطوط الطول، أو هيكل زمكانٍ منحنٍ، تماماً كما تتصوّر أنت سطحَ جبلٍ بأن ترسم عليه أقصر الممرّات التي قد يسلكها المسافرون سيراً على الأقدام.

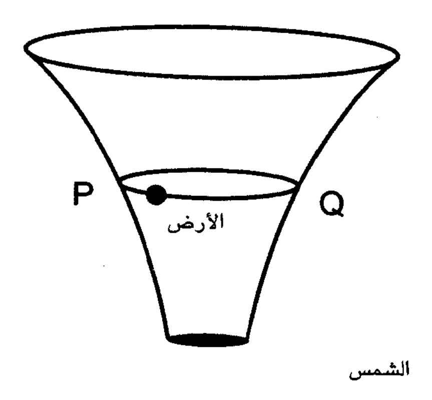
وبعد سنواتٍ من التجربة تصيب حيناً وتخطئ أحياناً، اهتدىٰ أينشتاين أخيراً إلىٰ طريقةٍ لفهم أثر الثقالة علىٰ الأجسام الساقطة سقوطاً حرّاً، وهي القول

إنَّ هذه الأجسام تتبع خطوطاً تدعىٰ الخطوط المتقاصرة Geodesics، وهي أقصر الخطوط الممكنة علىٰ زمكانٍ منحنٍ، وأنَّ الثقالة ليست إلا هذا الانحناء للزمكان. وإنَّ ما يفعله جِرمٌ ضخم الكتلة كالشمس في الوسط المحيط به هو في الواقع حَنْي الزمكان. ثم إنَّ الأجسام الساقطة سقوطاً حرّاً تتبع الخطوطَ المتقاصرة بهذه الطبوگرافية الملتوية.

وأُبيِّن لك في الشكل 1.3 السببَ في أنَّ الأرض تتبع مساراً دائرياً حول الشمس؛ فطبقاً لمفهوم أينشتاين يصبح الفضاءُ المحيط بالشمس أنبوبياً كما يظهر في الشكل. ولكي تحصل الحركةُ حول الأنبوب بأقصر مسارٍ ممكن ينبغي أن تكون حركةً دائرية، جرِّب بنفسك احتمالاتٍ أُخرىٰ. ومع أنَّ هذا ليس إلا تمثيلاً رمزياً لما يحدث بالفعل، إلا أنه يعطيك فكرةً بسيطةً عما يجري.

وقد تبيَّن أنَّ هذا هو المسار الصحيح عبر المتاهة. ولعله أُسلوبٌ غريب في النظر إلى الأشياء، إلا أنَّ له مزايا كثيرة، منها أنه يُتيح لك وسيلةً، تُسمَّىٰ الهندسة التفاضلية Differential Geometry تبحث في السطوح المنحنية، وهو نفس ذلك الفرع المزعج من الرياضيات الذي أخبرتُك أني كنتُ أُحاول تعلُّمه ـ وأخفق ـ وأنا طفل صغير. والهندسة التفاضلية هي الوسيلة الملائمة تماماً للتعبير عن هذا التصوُّر للكون. وعندما تستعين بها لكتابة معادلاتٍ تُعبِّر عن الآلية يتولَّد فيها التقوُّس من بُعدٍ بفعل المادة، تجد أنَّ من السهل جداً أن تقوم في إطار هذا الفعل «الهندسي» من بُعد ببناء سرعةٍ للانتشار Speed of Propagation هي في الواقع سرعة الضوء. وبذلك تتوفَّر لنا طريقةٌ لتجنُّب التضارب بين قوَّة الثقالة والنسبية الخاصَّة؛ فلم تعد الثقالة فعلاً آنياً من بُعد، بل إنها تمثِّل الأداة التي تحني الكتلةُ بواسطتها الزمكان، وهو فعلٌ ينتقل بسرعة الضوء.

وثمَّة مزية أُخرىٰ لتصوُّر قوة الثقالة بهذه الطريقة، هي أنها تُفسِّر ظاهرة التساوي الغامض بين الكتلة العطالية والكتلة التثاقلية عن طريق الاستغناء عن



شكل 1.3 في الحيِّز المكانيِّ المحيط بالشمس، تتَّبع الأرضُ أقصرَ السُّبُل بين النقطتين P وQ. وفي حين يكون هذا المسارُ في الحيِّز المكاني المسطَّح خطّاً مستقيماً، فهو في هذا الحيِّز دائريٌّ تقريباً. (وفي ذلك شيء من التبسيط، لأنَّ مسار الأرض خطٌّ متقاصر في الزمكان لا في المكان فقط. ولما كانت الأرض تجري علىٰ البُعد الزماني بسرعة الضوء، فإنَّ مسار الزمكان هو في الواقع لولبيٌّ بانعطافٍ طويلٍ جداً.)

هذه المفاهيم بالكلّية. واستناداً إلىٰ نظرية النسبية العامة لم تَعُدِ الثقالةُ قوةً، فليس للأجسام في الحقيقة وزن أو كتلة تثاقلية. غير أنّا نشعر فعلاً بالوزن؛ فإذا لم يكن هذا الشعورُ قوةً، فما عساه أن يكون؟

وتقضي النسبيةُ أنَّ الثقالة ما هي إلا تشويه للزمكان. ففي الفضاء المستوي ينصّ قانونُ العطالة علىٰ أنَّ الجسم إن لم تعمل فيه قوةٌ ما، كانت حركتُه مستقيمةً وسرعتُه ثابتة، أي إنه لا يخضع لأي تسارع. كذلك تنصّ نظريةُ أينشتاين على أن الأجسام تحت تأثير قوة الثقالة ليست خاضعةً لأي قوّة، فهي تتبع أيضاً مساراً مستقيماً وسرعةً ثابتة: في زمكانٍ منحنٍ.

من هذا المنظور يتولّىٰ التقوُّس الأمرَ كلَّه؛ فقوة الثقالة أصبحت غير موجودة، وهذا يستتبع أنَّ مفاهيم الكتلة التثاقلية والعطالية أصبحت لا معنىٰ لها، وانكشف الغموضُ عن ماهيتها. ومع ذلك فإذا أُخِلَّ بماهيتها في الصورة

النيوتنية للكون، مهما بلغت درجة الإخلال، فلن نستطيع تفسير الثقالة من جديد بطريقة أينشتاين، أي تصوُّرها كهندسة بدلاً من قوة.

خلاصة القول إنَّ المادة، في سياق هذا التفسير للثقالة، تؤثر في شكل الفضاء المحيط بها فتحنيه؛ وهذا الفضاءُ المنحني يُحدِّد بدوره مساراتِ الأجرام التي تتحرك عبره. وفي حين أنَّ المادة تُملي علىٰ الفضاء أسلوبَ الانحناء، يُملي الفضاءُ على المادة آلية الحركة.

لم يبقَ إلا تحديد المعادلة الدقيقة التي تعبِّر عن توليد الانحناء بفعل المادة. تُسمَّىٰ هذه المعادلة في المصطلح الحديث «نظرية أينشتاين الحقلية Einstein's Field Equation» وهي نظرية صعبة حقاً، إلا أنَّ الصعوبات المفاهيمية كانت قد ذُلِّلت جميعاً من قبل.

يحقّ للناس أن يتساءلوا: كيف تأكَّدَ لأينشتاين، بعد كثيرٍ من التجربة والخطأ، أنه توصَّل فعلاً إلىٰ الفكرة الصحيحة؟ يُقال أحياناً إنَّ «إحساسه بالجمال» أوحىٰ إليه أنه وقع علىٰ الحقيقة، وهذا الزعم صادق جزئياً، لكن الأمر المؤكَّد أنه عثر سنة 1915 علىٰ شيءٍ أبدع من أن يكون زائفاً، لكنه كان قد وقع عليه قبل ذلك وتخلىٰ عنه في حينه. والحقيقة أنْ أسباباً كثيرةً موضوعيةً وبسيطة اجتمعت لتستبعد كلّ الاحتمالات الأخرىٰ. وفي رأيي الشخصي إنَّ هذه الاعتبارات هي أثمنها جميعاً، وهي بالتأكيد ذات صلةٍ وشيجة بعملي في نظرية تفاوت سرعة الضوء VSL.

استرشد أينشتاين في بدايات عمله بحقيقةٍ واضحةٍ جداً تتمثَّل في أنَّ نظرية نيوتن هي تعبيرٌ شاملٌ وصالحٌ لكل الأرصاد. ولا تزال وكالات الفضاء تعتمد عليها باعتبارها أمراً مقطوعاً فيه كما ذكرتُ سابقاً. وفي سنة 1915، وبقطع النظر عن استثناءٍ دقيقٍ جداً (أنا ذاكره في الحال) تمكَّنتْ نظريةُ نيوتن من تفسير كلِّ الأرصاد المعروفة التي تتحكَّم فيها قوةُ الثقالة. وهنا أدرك أينشتاين أنه مهما كان شأن نظريته العامَّة، فإنَّ استعمالها في إجراء حسابٍ فعلي يقتضي الوصولَ

إلىٰ نتيجةٍ قريبةٍ جداً من نتيجة نيوتن. ومن حسن الحظ أنَّ هذا المعيار البسيط قد استَبعَد احتمالاتٍ كثيرة، فلم تعد الصورةُ كمن يبحث عن إبرةٍ في كومة قش، بل عن كومة قشٍّ في مرج.

هذا الأسلوب البارع يُظهر مدىٰ اندفاع أينشتاين للإفادة مما حقَّقه نيوتن. ومع أنَّ التفكير قد ينصرف بسهولةٍ إلى أنَّ العلماء يحاولون تخريب كل ما أنجزه مَنْ قبلهم علىٰ طريقة مفكِّرين آخرين، إلا أنَّ ذلك غير واردٍ في الفيزياء؛ إذ يُفترَض أنَّ الفيزيائيين يبدؤون دوماً بتأكيد ما أثبته الآخرون ممن سبقوهم والثناء علىٰ إنجازاتهم، قبل الانتقال إلىٰ تناول الجديد من الأفكار الدقيقة المُحْدَثَة. وهذا تماماً ما كان في حالة نظريتَيْ أينشتاين ونيوتن.

ومع ذلك فإنَّ الفرق بين نيوتن وأينشتاين هو أساساً مسألة ذوق لولا أنَّ تنبُّؤاتهما ـ عند مستوىً دقيقٍ جداً ـ أفضت إلىٰ نتائج مختلفة. ولهذا السبب كانت ثمة أحداث مثيرة في الانتظار، مسرحيةٌ من فصلين، كما سنرىٰ، تتصل بمسألةٍ حيَّرت عقول الدارسين من غير العلماء: هل العلم تنبُّؤ يسبق التجربةَ أم يليها؟

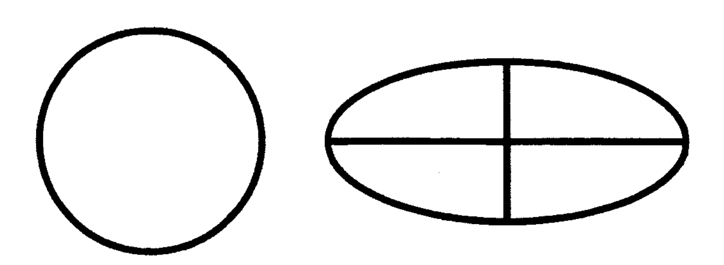
أُجريتْ معي مرةً مقابلةٌ تلفزيونية دارت حول موضوع تفاوت سرعة الضوء، قلتُ في ختامها إني أبحث في هذه المرحلة عن تجارب تمكِّنِّي من الجزم بصحة النظرية أو خطئها. وفي اليوم التالي اتَّهمني أحد الصحفيّين بأني أسأتُ أكثر مما أحسنتُ بإقراري أنَّ مسألة التفاوت في سرعة الضوء هي «نظرية فحسب»! والحقيقة أنَّ العلم في معظمه ليس أكثر من نظرية لا تنفعل بالمشاهدات القائمة التي هي بأمسّ الحاجة إلىٰ تفسير. لكن هذه «النظريات المجرّدة» لا بدَّ من أن تتنبّأ سبقيّاً وعلىٰ نحوٍ واضح بمشاهداتٍ جديدةٍ تتمثَّل في حقائق غير مسبوقة استنبطها صاحب النظرية من الحسابات الرياضية حصراً. فإذا رُصِدت هذه التنبُّؤاتُ كانت النظرية صحيحة، وإذا لم تُرصَد كانت النظريةُ خاطئة، هكذا وبهذه البساطة؛ فالعِلم ليس دِيناً.

والفكرة من وراء التنبؤات هي أنَّ مسؤوليةَ إعلام الراصدين بما يترتَّب عليهم رصده تقع علىٰ كاهل أصحاب النظريات، لأنَّ محاولة توسيع دائرة معلوماتنا عن طريق الانتظار حتىٰ العثور مصادفةً علىٰ أرصادٍ جديدة هي كمن يخبط الليلَ أو يعجن الهواء. وهناك معالم استرشادٍ كثيرة ممكنة؛ كيف نتعرَّف الجهةَ التي علينا أن نبحث فيها عن شيءٍ جديد؟ من الخير أن تتوفَّر لك نظريةٌ مرشِدة تدلُّك على ما ينبغي البحثُ عنه. ولا جَرَمَ أنَّ الرصد وحده هو الذي يُثبت الحقائق ويُرسِّخها. أما في غياب النظرية فيُخشىٰ أن يكون المرء عرضةً لتبديد وقتٍ طويلٍ في البحث من غير طائل.

ومن الطبيعي أنَّ العلم يتقدَّم أحياناً في الاتجاه المعاكس، فإذا حدَث ففي ذلك خيرٌ كثير، فقد تتقدَّم التجربةُ علىٰ النظرية، فنتمكَّن من كشف حقائق جديدة عن طريق الرصد أولاً، وتتركز النظريةُ عندئذٍ علىٰ التنبُّؤ اللاحق بالمشاهدات الموجودة، ويتمثَّل دورُ صاحب النظرية الآن في جمع المعطيات الجديدة المتوفِّرة والخروج بنظريةٍ تفسّرها؛ أي إنَّ علىٰ صاحب النظرية إيجاد إطارٍ تكون فيه كلُّ المعطيات ذات معنىٰ.

من أجل ذلك فإنَّ التنبُّؤ السبقي والتنبُّؤ اللاحق كليهما يؤديان دوراً مهماً في العلم، فهما غير متعارضَيْن ولا متنافيَيْن. والحقيقة أنَّ رؤىٰ أينشتاين في الثقالة قد أثبتها رصدان مذهلان: أحدهما تنبُّؤ لاحق والآخر تنبُّؤ مُسبَق.

في سنة 1915 وُجدت ظاهرةٌ واحدةٌ لم تتمكَّن نظريةُ نيوتن في الثقالة من تفسيرها؛ فالكواكب ترسم مداراتٍ شبه دائرية حول الشمس، غير أنَّ الدراسات الدقيقة تُظهِر أنَّ مداراتها في الواقع إهليلجية «ذات مظهر دائري.» والشكل 2.3 يصوِّر هذا الشكل الهندسي (الإهليلج أو القطع الناقص،) مع تعمُّد المبالغة في تمييزه عن الدائرة. وللقطع الناقص محوران يظهران في الشكل أيضاً. وواضح أنه كلما ازداد الفرقُ بين طولَيْ محورَيْه أمعن في التحوُّل عن الشكل الدائري، أي تزايدَ ما نسميه بالتعبير الرياضي اختلاف المراكز Eccentricity.



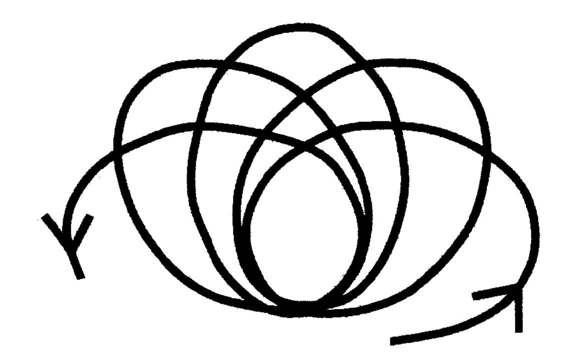
شكل 2.3 دائرة (إلىٰ اليسار) وقطع ناقص (إلىٰ اليمين) رُسِمَ محوراه. وبتزايد التفاوت بين طولي المحورين يُمعن الإهليلج في التحوُّل عن الشكل الدائري، أي يتزايد فيه «اختلاف المركز».

وإذا استثنينا كوكبَيْ عُطارد Mercury وپلوتو Pluto نجد أنَّ مدارات سائر كواكب منظومتنا الشمسية ليست مختلفة المراكز كثيراً؛ فالمحوران المداريان للأرض مثلاً لا يختلفان بأكثر من 2 بالمئة، حيث لا يتغيَّر بُعدنا عن الشمس كثيراً. ومع ذلك إنَّ انحراف أشكال المدارات الكوكبية عن الدائرية واضح وفي متناول الأرصاد الفلكية، وقد لوحظ مباشرةً بعد «ثورة» كوپرنيكوس Copernicus(*) (وهو تعبير يُشير إلى نظام كوپرنيكوس في اعتبار الشمس، لا الأرض، مركزاً للمنظومة الشمسية)، إنَّ أول من استنتج الطبيعةَ الإهليلجية لهذه المدارات عن طريق الأرصاد الفلكية عالم الرياضيات الفلكي يوهانس كِپلر Johannes Kepler(**) فيما يُعرَف اليوم باسم القانون الأول لكپلر Kepler's First Law.

ويُمكن النظر إلى قانون كپلر، إلى حدّ ما، علىٰ أنه تنبُّؤ لاحق لنظرية نيوتن؛ فنحن نجد أنَّ نيوتن يستنبط في كتابه المعروف Principia قانونَ كپلر رياضياً، مفترضاً أنَّ المنظومة الشمسية لا تحتوي إلا علىٰ الشمس وكوكبٍ

(*) نيكولاس كوپرنيكوس 1473 ـ 1543 (المعرِّب).

(**) يوهانس كِپلر 1571 ـ 1630 (المعرِّب).



شكل 3.3.

واحدٍ (أياً كان ذلك الكوكب). إلا أنّا نعلم في الحقيقة أنَّ ثمة عدداً من الكواكب في المنظومة الشمسية، يخضع كلٌّ منها لا للجذب التثاقلي للشمس فحسب، بل ـ وبدرجةٍ أدنىٰ ـ إلىٰ جذب الكواكب الأخرىٰ كلها كذلك. ولهذا لا بُدَّ من إجراء تعديل علىٰ هذا التقريب في حسابات نيوتن الأصلية، وطريقةُ ذلك أنَّ تقول أولاً إنَّ الكواكبَ لا تنقاد إلا للشمس على وجه القصر، ولذلك فهي تتبع مداراتٍ إهليلجية؛ ثمَّ إنها تُعاني من اضطراباتٍ ناشئةٍ عن تأثير الأجرام الأخرىٰ كلّها، فتتغيَّر مداراتُها تبعاً لذلك. إذن فكلُّ ما يلزمنا حسابه هو هذا التعديل البسيط.

إنَّها حساباتٌ مألوفةٌ يقوم بها فيزيائي، والنتيجة ـ استناداً إلىٰ نظرية نيوتن ـ هي أنه بالنظر إلىٰ آثار الاضطراب التي تُحدثها جملة الكواكب الأخرىٰ، يدور كل إهليلج حول نفسه ببطء شديد؛ بمعنىٰ أنَّ محوره الكبير يغيِّر اتجاهه ببطء في الوقت الذي ينتقل فيه الكوكبُ حول الإهليلج بسرعةٍ أكبر بكثير. فكان التنبُّؤ النيوتني الدقيق لمدارات الكواكب على صورة «وردّية» Rosetta كالمبيَّنة في الشكل 3.3. ويُلاحَظ أنَّ الأثر ضئيل جداً، وأنَّ قصور كلِّ دورةٍ شبه إهليلجية عن الانغلاق الكامل هو من الضآلة حتىٰ لا يُعتدّ به، بحيث يقطع

الكوكبُ كلَّ «سنة» مسافةً منزاحةً بقدرٍ يسيرٍ جداً عما قطعه في السنة السابقة، مع العلم أنَّ الدورة الكاملة للقطع الناقص تستغرق في العادة آلافاً من سنوات الكوكب.

رُصدت هذه الظاهرةُ بالفعل في القرن التاسع عشر، في وقتٍ كان قد اكتُشِف من الكواكب حتىٰ أورانوس Uranus. وقد لوحظت درجةٌ عاليةٌ من التوافق مع حسابات نيوتن، واشتمل ذلك على مدارات كلٍّ من كواكب الزُّهرة Venus والأرض Earth والمرّيخ Mars والمشتري Jupiter وزُحَل Saturn. علىٰ أنَّ بعض الاختلافات بين الحسابات النظرية والأرصاد العملية برزت فيما يتعلق بكوكب أورانوس بالذات. ففي حين حُسِبَت آثارُ الاضطراب الناشئ عن كلٍّ الكواكب الداخلية (مع ملاحظة أنَّ كوكبَيْ نپتون وپلوتو لم يكونا قد اكتُشفا بعد) لم يُعثَر على الوردية المرصودة. وبدا أنَّ حلقةً ما مازالت مفقودة إما من الحسابات النظرية وإما من الأرصاد العملية.

ولعلَّنا عند هذه النقطة نتذوَّق التنبُّؤ الدقيق البارع الذي صاغه الفلكيُّ الفرنسي أورباان ـ جان ـ جوزيف لو ڤيرييه Urbain-Jean-Joseph Le Verrier(*) الذي دفعه إيمانه الراسخ بنظرية نيوتن إلىٰ ركوب موجةٍ عظيمة، فرأىٰ أنَّ طريق الخروج من المأزق يتمثل بكل بساطة بافتراض وجود كوكبٍ خارجي يُحدِث اضطراباً في أورانوس، قادرٍ ـ وفقاً لنظرية نيوتن ـ على تفسير ما تمَّ رصده تفسيراً دقيقاً.

ذلك الكوكب المفترَض، الذي أُطلق عليه اسم نپتون Neptune، لا بدَّ أن يكون بعيداً عن الشمس بُعداً يجعله خافتاً جداً لراصده، بما يُعلِّل تعذُّر رؤيته على الفلكيين حتىٰ ذلك الحين. ولم يقف لو ڤيرييه عند هذا الحدّ، بل راح يحصي بعض الخصائص التي يجب توفّرها في الكوكب المفترض، حتى إنه

(*) 1811 ـ 1877 (المعرِّب).

أعلمَ الفلكيين بالمكان والزمان اللذين يجب أن يجري فيهما الرصد. انقضت بضعُ سنوات واكتُشف نپتون تماماً كما توقَّع لو ڤيرييه مكاناً وزماناً. أليس هذا أمراً مثيراً للإعجاب؟(*)

لقد أسهم هذا الحدث إسهاماً كبيراً في توطيد نظرية نيوتن في الثقالة أكثر فأكثر. ولكن سرعان ما اكتُشِفت ظاهرةُ شذوذٍ كوكبيٍّ أُخرىٰ، وهذه المرة في مدار عطارد؛ فقد وُجد أنَّ المدارَ الإهليلجيَّ للكوكب مختلفُ المركز علىٰ نحوٍ غير اعتيادي، وأنه يدور حول نفسه بسرعةٍ أكبر من دوران مداراتٍ لكواكب أُخرىٰ. ومع ذلك فإنَّ الدّور (الفاصل الزمني) الذي يحتاج إليه مدارُ عطارد الإهليلجي لإتمام دورةٍ كاملة يُقارب 243، 23 سنةً أرضية، علىٰ ألا يختلط هذا بالسنة العطاردية، وهي الزمن الذي يستغرقه الكوكبُ في قطع دورةٍ كاملة حول مداره الإهليلجي، وهذا الزمن لا يتجاوز 88 سنةً أرضية.

من ناحية أُخرىٰ، أَفْضتْ حساباتٌ أُجريت بالاستعانة بنظرية نيوتن، مع إدخال آثار الاضطراب التي تحدثها جملةُ الكواكب الأخرىٰ في الحسبان، إلىٰ نتيجةٍ مختلفة: إذ وُجد أنَّ المدار الإهليلجي لعطارد يُتِمُّ دورةً كاملة حول نفسه في نحو 321، 23 سنة أرضية، وأنه يدور بسرعةٍ أكبر قليلاً مما تنبّأ به نيوتن. وخلص العلماءُ من جديد إلىٰ أنَّ ثمة حلقةً مفقودة إمّا من النظرية أو من الأرصاد.

لا غرو أن يُقرِّر لو ڤيرييه، بعد النجاح الذي أحرزه، أن يُعيد الكرَّة من جديد؛ فافترض هذه المرة وجودَ كوكبٍ داخلي أطلق عليه اسم ڤلكانوس Vulcanus وقال إنَّ هذا الكوكب الافتراضي قد يكون أصغر من عطارد وعلى مقربةٍ دانيةٍ جداً من الشمس تجعل رصدَه أمراً جدَّ عسير، بسبب خفوته الشديد، ولأنه سيُرى دوماً قريباً جداً من الشمس، فضلاً عن احتمال تعذُّر

(*) إنَّ كوكب پلوتو أصغر بكثيرٍ من أن يكون قادراً علىٰ إحداث أي تأثيرٍ في أورانوس أو نپتون.

رصده في الليل. ولعلَّ في ذلك ما يُفسِّر عدم رؤيته من قبل. وقد قَدَّر لو ڤيرييه مرةً أُخرىٰ المكانَ والزمانَ اللذين يجب أن يتوخاهما الفلكيون لرصد ڤلكانوس، وتهيَّأ لاستقبال نوبةٍ ثانيةٍ من الاستحسان.

عندما انطلق البحثُ عن هذا الكوكب الجديد جاءت النتائج مخيِّبةً للآمال؛ فلم يُرَ ڤلكانوس أبداً. وكرَّتِ السِّنون والفلكيون غير المحترفين «يرصدون» من وقتٍ إلىٰ آخر الكوكبَ المراوغ في سياق بحثهم عن لحظة المجد المنتظَرة، إلا أنَّ شيئاً من تلك المزاعم لم يتأكَّد من مصدرٍ مستقل. وسقط ڤلكانوس في منطقةٍ تكتنفها اليومَ الأجسام الطائرة المجهولة المنشأ UFOs فإذا كنتَ توّاقاً لرؤيته فقد يظهر لك، علماً بأنه لم يسجَّل قطُّ في هذا المضمار أيُّ كشفٍ رصينٍ على أساسٍ علمي. ووقف العلماءُ حيارىٰ في فهم هذه الظاهرة لا يدرون ما يفعلون، بل لقد تحوَّلت إلى لغزٍ يبدو أنَّ الناس تقبَّلوه وتعايشوا معه بدلاً من محاولة البحث عن تفسيرٍ له.

تصوَّرْ سعادةَ أينشتاين عندما عَلِم أنَّ تطبيق نظريته النهائية في الثقالة علىٰ مدار كوكب عطارد قد فسَّرَ تماماً ظهورَ الورديّة دون الحاجة إلىٰ ڤلكانوس! فالتعديل الذي أمْلَتْه نظريتُه على حسابات نيوتن كان كبيراً لا يُستهان به فيما يخصّ كوكب عطارد، إلا أنه كان طفيفاً لا يُعتدّ به فيما يتَّصل بسائر الكواكب. وهكذا نجد أنَّ نظريته قد أقرّت ما حقَّقته نظريةُ نيوتن من نجاحات في الوقت الذي راحت تحلّ المسألةَ الوحيدة التي عجزت نظرية نيوتن عن حلّها. ولم يكن بالإمكان أن تُحقّق أكثر مما فعلت.

وقد صرّح أينشتاين نفسُه بأنه قضىٰ أياماً يستخفُّه الطرب، مُكبَّلاً عن عمل أي شيء، ومستغرقاً في غيبوبةٍ جميلةٍ حالمة، فقد خاطبَتْه الطبيعة. وكثيراً ما كنتُ أقول إنَّ الفيزياء مدعاةٌ للتسلية والمتعة لقدرتها علىً مَدِّكَ بقسطٍ وافرٍ من النشاط. ولا بدَّ أن يكون ما حقَّقه أينشتاين في هذه اللحظة هو الجرعة المفرطة الأخيرة.

ومع ذلك فإنَّ إيماءة استحسانٍ ثانيةً من الطبيعة كانت بانتظاره، وهي تتعلَّق هذه المرة بالمجالات الخطرة للتنبُّؤات. فقد استنتج أينشتاين منذ بدايات تأملاته أنه إذا كان لتجربة البرج المائل لگاليليو أن تؤخَذ على محمل الجِدّ، وَجَبَ أن يسقط الضوءُ بتأثير قوَّة الثقالة. وإذا كان من غير المهم للثقالة أن تُحدِّد ماهيةَ ما يسقط، ترتَّبَ أن يسلك الضوءُ بفعل الثقالة سلوكاً يُشبه سلوك الأجسام الأخرىٰ السريعة الحركة. وهذه الأخيرة تصنع بفعل الثقالة مساراتٍ منحنيةً يزداد انحناؤها مع تباطؤ حركة الأجسام، وهذا يستدعي أن تنحني أشعةُ الضوء قرب الأجسام الكبيرة الكتلة ولو قليلاً. والسؤال هنا: كم هو هذا القليل؟

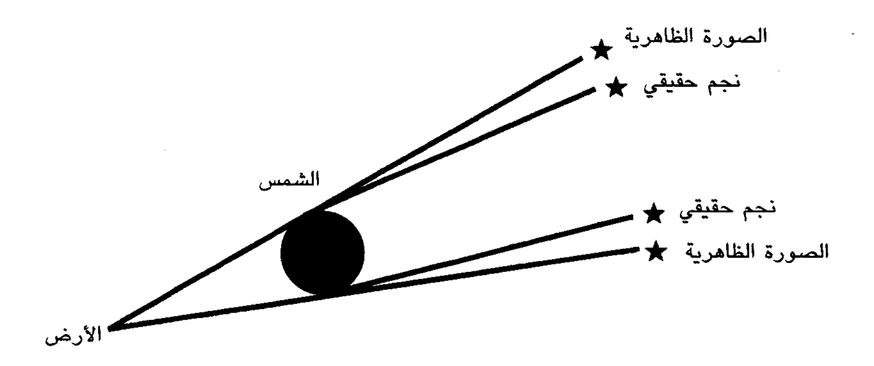
وتبيَّن أنَّ الجواب يتفاوت كثيراً من نظريةٍ إلىٰ أُخرىٰ، حتىٰ عند الاقتصار علىٰ النظريات التي تحوَّلت إلىٰ اعتماد تنبُّؤات نيوتن بشيءٍ من التقريب. وقد أجرىٰ أينشتاين حساباته الأولىٰ لهذه الظاهرة سنة 1911 أو نحوها، في إطار نظريته في تفاوت سرعة الضوء. ورغبةً في زيادة التأثير إلىٰ الحدود القصوىٰ بغية تمكين الفلكيِّين من فرصة رصدٍ محتمل، فقد اتَّخذ الترتيبات التالية:

بحثَ أولاً عن أكبر الأجرام كتلةً من حولنا، آخذاً في الحسبان ازدياد قوة الثقالة مع تعاظم كتلة الجرم، وازدياد كمية الضوء المنحنية. فوقع اختياره علىٰ الشمس باعتبارها منبع الثقالة.

ثم إنه اختصّ بالدراسة أشعةَ الضوء التي تسِفُّ الشمسَ أو تمسُّها. ولعلمه أنَّ تأثيرَ الثقالة يتناقص بسرعةٍ مع تزايد البُعد، أدرك أنَّ شعاع الضوء كلما ازداد اقتراباً من الشمس ازداد انحناؤه أكثر فأكثر.

لذلك انصرف يتأمَّل فيما يمكن أن يحدث لصورة النجوم البازغة في السماء قريباً من قرص الشمس، ولا سيما ما يطرأ من تغيُّرٍ على مواقعها الظاهرية في صفحة السماء بفعل انحناء أشعة الضوء.

إلا أنَّ أحداً لا يُمكن أن يرىٰ النجوم قرب الشمس، لأنك إن استطعتَ رؤية الشمس فلن يكون الوقتُ ليلاً بالطبع! حسناً، مع شيءٍ من التحفُّظ؛ ذلك



شكل 4.3 ترتيبة أينشتاين لكشف انحراف أشعة الضوء بفعل الشمس: راصدٌ علىٰ الأرض يُراقب نجماً يَسِفُّ ضوءُه الشمسَ سفّاً. ينتج عن انحراف شُعاع الضوء انزياحُ الصورة الظاهريَّة نحو الخارج.

لأنَّ حوادثَ الكسوف قد تُتيح ذلك للفلكيين علىٰ الأقل. ففي أثناء حادثة كسوفٍ كلّي يُغطي قرصُ القمر قرصَ الشمس تماماً بحيث يغدو بالإمكان رؤية النجوم الواقعة حول الشمس في سماء ليلٍ غير اعتيادي، وقد تحقّق في وضح النهار.

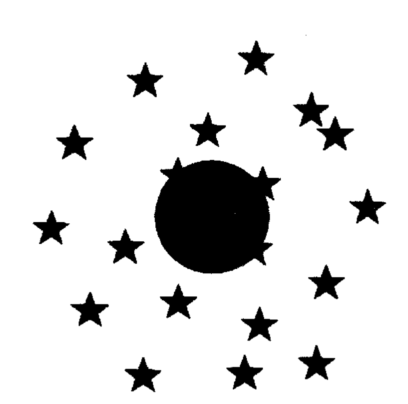
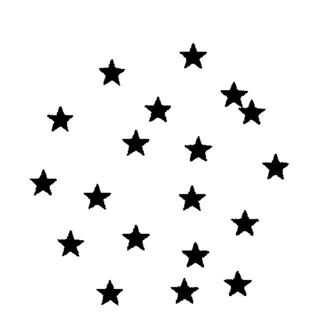
وهكذا يمكن تمثيل ترتيبة أينشتاين بالرسم التخطيطي المبيَّن في الشكل 4.3. يُلاحَظ فيه أنَّ ثقالة الشمس تؤدي دور عدسةٍ مكبِّرةٍ دقيقة تنشر صوراً نحو الخارج. تُسمَّىٰ هذه العدسة أحياناً بالمصطلح العلمي العدسة التثاقلية Gravitational Lens. وبالإمكان أيضاً رؤية النجوم الواقعة «خلف» الشمس لأنَّ أشعةَ الضوء تنتشر في الزوايا إذا كانت الزوايا واسعةً بدرجةٍ كافية.

وبالطبع فإنَّ الأثر محدود جداً، لذلك فهي تجربة دقيقة تتطلَّب الاستعانة بطرائق إضافيةٍ تتَّسم بالخبرة والحذق، لعلَّ أوضحها هو البحث عن حشودٍ نجمية بدلاً من نجم واحد، وتحرّي مدىٰ التشوُّه الظاهري المُحْتَمَل لمواقعها النسبية، بسبب انحناء أشعة الضوء بمرورها خلف الشمس. ومثل هذه المجموعات النجمية متوفرة بكثرةٍ في السماء، ومن يُمن الطالع أنَّ أحدها يُمكن

العثور عليه خلف الشمس تماماً (عند الرصد من الأرض) في أثناء حادثة كسوفٍ كلّي. وليس علىٰ المرء عندئذٍ إلا أن يقوم بالتقاط مجموعتين من الصُور الفوتوگرافية للحشد النجمي المختار: إحداهما وهو علىٰ مسافةٍ بعيدةٍ عن الشمس، والأخرىٰ إبّان حادثة كسوف وضوءُ النجم يُلامس قرص الشمس، ثم يعقد مقارنةً بين اللوحات، وسيرىٰ أنَّ المجموعة الثانية تبدو متمدِّدة وكأنها مكبَّرة بعدسة (انظر الشكل 5.3).

هذا هو النموذج الذي قدَّمه أينشتاين للفلكيين، وكان عليه بعدُ حسابَ زاوية الانحراف بدقة وفقاً لنظريته النسبية العامَّة. وكانت الحساباتُ التي أجراها سنة 1911 قد أفضت إلىٰ تنبُّؤٍ مادّي في هذا الصدد، إذ وجَدَ أنَّ أشعةَ الضوء التي تسفُّ الشمسَ لا بدّ أن تنحرف بنحو 0.00024 درجة، أي بما يُناهز مقدارَ الزاوية المقابلة لكرة قدم تبعد عنك 50 كيلومتراً، وهي زاوية صغيرة حقاً. ويُشار هنا إلى أنَّ الزاويةَ المقابلة للشمس أو للقمر في السماء تناهز نصف درجة. علىٰ أنَّ أعلىٰ المقاريب المتوفِّرة في مطلع القرن العشرين تمكّنت من تمييز هذا النوع من الزوايا، وأصبح بالإمكان من حيث المبدأ رصدُ الظاهرة التي تنبأت بها النسبيةُ العامة.

وتمثَّلت المشكلةُ في اجتماع الظروف الملائمة؛ فمع أنَّ حوادث الكسوف الكلّي قد تكون نادرةً إذا اقتصر الرصدُ على منطقةٍ واحدةٍ من الأرض، إلا أنها في الواقع ظاهرةٌ متكرِّرةٌ إجمالاً، إذ لا بدَّ من وقوع حادثتَيْ كسوفٍ على الأقل كلَّ سنة حيث لا يزيد العدد على خمسة. غير أنَّ هذه الحوادث ليست كلها حوادث كسوفٍ كلّي؛ فقد يحصل أن يحجب القمرُ الشمسَ حَجباً جزئياً فقط. كذلك فليست كلُّ حوادث الكسوف الكلّي صالحة، لأنَّ من النادر أن يتَّفق اصطفافُ الشمس والأرض مع حشدٍ من النجوم في نسقٍ واحد، في الوقت الذي يتَّفق اصطفافُ هذه كلِّها مع القمر أيضاً. إنَّ الحدثَين غير مرتبطَيْن علىٰ الإطلاق: وذلك يشبه ظهورَ قمرٍ بدرٍ يومَ الجمعة، اليوم الثالث عشر من

شكل 5.3 مفعول العدسة التثاقلية للشمس. يبدو حشد النجوم (يساراً) وهو يمرّ خلف الشمس إبّان حادثة كسوف مكبَّراً (يميناً). (في الصورة تشويه وترخُّص.)

الشهر. لهذا السبب كان علىٰ علماء الفلك الانتظار والتجمُّل بالصبر وطول الأناة إلى أن تحين الظروف ملائمةً لهم لوضع النظرية موضع الاختبار.

والحقيقة أنَّ زاوية الانحراف وفقاً لحسابات أينشتاين سنة 1911 كانت خاطئة. وقد ذكرتُ آنفاً أنَّ حسابَ هذه الظاهرة منوطٌ إلىٰ حدٍّ بعيد بالتفاصيل الدقيقة لنظرية الثقالة المستعملة، فأفضت الصيغةُ النهائية للنسبية العامَّة إلىٰ النتيجة الخاطئة؛ فالتنبُّؤ الفعلي للنسبية العامَّة بصيغتها النهائية يُساوي بالضبط ضعفَيْ القيمة المذكورة آنفاً، أي 0.00048 درجة انحراف لشعاع ضوءٍ يسفُّ الشمسَ بدلاً من 0.00024 درجة. وهكذا كان تنبُّؤ أينشتاين بهذه الظاهرة خاطئاً حتى سنة 1915 عندما وجد أخيراً نظريته. يا للحرج الشديد!

ومما زاد الطينَ بِلَّةً وقوع حادثتَيْ كسوف بظروفٍ مثلىٰ لرصد ظاهرة العدسة التثاقلية ما بين سنتَيْ 1911 و 1915، فأُرسِلَتْ علىٰ الفور حملتان فلكيتان إلىٰ حيث يمكن رصدهما.

أما الحملةُ الأولى فقد قادها ثلَّةٌ من علماء أرجنتينيين، مستفيدين من كسوفٍ كلّيٍّ متوقّع في البرازيل سنة 1912 تُرى فيه جمهرةٌ غزيرةٌ من النجوم

خلف الشمس في ذلك الوقت، محققةً الظروف المُثلىٰ للتجربة. أُعدَّت لوحاتُ هذا الحشد النجمي بينما كان بعيداً عن الشمس، وانطلقت الحملةُ يحدوها الأمل بالنجاح، لولا أن أمطاراً غزيرةً هطلت طوال اليوم، فلم يكن ثمة ما يُرصد سوى حجابٍ سحابيٍّ ليس إلا.

وأما الحملةُ الثانية فقد توفَّر عليها علماء ألمان سنة 1914 وقعوا على كسوفٍ أمكنَ رصدهُ من شبه جزيرة القرم Crimea. وقد أظهرت الدراساتُ الفلكية ظروفاً مثاليةً لرصد الظاهرة، ودلالاتٍ على أنَّ حشداً نجمياً غنياً سيُرىٰ حول الشمس وقتَ الكسوف. وأُعدَّت أيضاً لوحاتُ هذا الحشد النجمي بعيداً عن الشمس، وانطلقت الحملةُ علىٰ جناح أملٍ واعد. وبدا كلُّ شيءٍ يسير على مايرام، والأحوال الجوّية طيّبة، ولم يبقَ علىٰ الكسوف المنتظَر سوى بضعة أيام عندما اندلعت الحربُ العالميةُ الأولىٰ، ووجدت الحملةُ نفسها فجأة في أراضٍ معادية، فتمكَّن بعضُ أفرادها من الفرار في الوقت المناسب، واعتُقل البعضُ الآخر، ثم عاد الجميع أدراجهم إلىٰ أرض الوطن في خاتمة المطاف بسلام، ولكن لم ينالوا شيئاً.

بدا نجمُ سعدٍ يلوح لأينشتاين وهو يعمل ويُخطئ ويُسدِّد ويُصوِّب، إلىٰ أن أحرز تقدُّماً في صوغ الشكل النهائي لنظريته ووضع دقائق تفاصيلها، وعلماءُ الفلك ينتظرون.

وبقي الأمر كذلك حتى سنة 1919 حين نجحت حملةٌ بريطانيةٌ قادها [آرثر ستانلي] إدِنگتون A.S. Eddington(*) وكروملين Crommelin في رصد الظاهرة. وكان أينشتاين عندئذٍ قد توصَّل إلىٰ الصيغة النهائية لنظرية النسبية العامة المستندة إلىٰ التنبُّؤ الصحيح الذي أثبتتْ صحّتَه الأرصادُ العملية.

(*) 1882 ـ 1944 (المعرِّب).

4 خطؤه الفادح

أُحبُّ أن أنظر إلى الكون نظرتي إلى كائنٍ عضويّ، شيءٍ ذي حياة، وعلى أساس أننا جميعاً خلايا في جسم هذا الكائن، وكلُّ الشموس التي نراها في السماء تلقي ضوءاً يؤلِّف الدَّم الذي يسري في أركان منظوماته الهائلة. إنَّ القوىٰ التي تحكم هذه الكينونة الفريدة قوىً فيزيائيةٌ شبيهةٌ بتلك التي تتحكَّم في الإنسان وتُشكِّله. وعندما ينظر كلٌّ منّا إلى الصورة الكبيرة يرىٰ أنَّ الفرد يتجاوز إلىٰ حدٍّ بعيد الآلية التي تتحكَّم في الأجزاء التي تؤلِّف بمجموعها الجملةَ الكلّية.

تمثَّلت مبادرةُ أينشتاين التالية في إيجاد نموذجٍ رياضيٍّ لهذا الكيان الهائل استناداً إلى النسبية العامة. وقد وصف ذلك النموذجُ الكونَ بأنه مادةٌ غير اعتيادية تُسمَّىٰ السائل الكوني *Cosmological Fluid* الذي يتركَّب من جزيئاتٍ استثنائية تؤلِّف جملةَ المجرّات. لكن أينشتاين سرعان ما وجد أنَّ معادلة الحقل الثقالي التي صاغها أتاحت له رسمَ العلاقات فيما بين كل المتغيّرات Variables التي تصف الكون، وكيف تبدَّلت تلك المتغيِّرات بمرور الزمن. لكنه ما إنْ فعل ذلك حتىٰ أُصيب بصدمةٍ مزعجة؛ فقد أشارت معادلتُه إلى أنَّ الكون متحرّكٌ وليس ساكناً، إذ تقضي نظريةُ النسبية العامة أنّا نعيش في كونٍ تمدَّدَ تمدُّداً انفجارياً بفعل ولادةٍ عنيفةٍ في إطار الانفجار العظيم.

إنَّ الكون المضطرب الذي تصوِّره النسبيةُ العامة هو من بعض النواحي ذو طبيعةٍ تُحاكي طبيعة بعض البشر من حيث جموحه وجفائه وخصوصية سلوكه، غير أنه يستمدّ صفة اضطرابه من حقيقةٍ بسيطة هي أنَّ الثقالة قوةٌ جاذبة. وهذا صحيح سواء عُدَّت الثقالةُ قوةً (حسب نيوتن) أم هندسةً (حسب أينشتاين)، فالفطرة السليمة تقضي بأنَّ الأرض تجذبنا نحو مركزها بدلاً من أن تنبذنا بعيداً عنها نحو السماء.

لكنَّ هذه الحقيقة البسيطة ـ صفة الجذب في قوة الثقالة ـ تكفي تماماً للقول باستحالة أن يكون الكون ساكناً، وقد لاحظ نيوتن ذلك على الفور وبنىٰ عليه وفقاً للمحاكمة التالية: استحضِرْ في ذهنك كوناً ساكناً وَدَعْه يتطوَّر من تلقاء ذاته. فإذا تُرِك لثقالته انهار في الحال تحت وطأة ثقله، لأنَّ كلاً من أجزائه يجذب سائر الأجزاء بحركةٍ انقباضيةٍ تنتهي بانكماشٍ عظيم Big Crunch والطريقة الوحيدة للحيلولة دون انهيار الكون بفعل الثقالة هي الأخذ بفكرة كونٍ متمدِّد تنفصل فيه الأشياء كلاً علىٰ حدة، ثم يأتي دور الثقالة في تخفيض سرعة التمدُّد الكوني، فتعمل قوةُ جذبها علىٰ إعادة تماسك كلِّ شيءٍ من جديد مبطئةً الاندفاع الكوني. لكنَّ قوةَ الجذب التثاقلي هذه لن تستطيع إيقافه أبداً إذا كانت سرعةُ الحركة نحو الخارج كافية، وبهذه الطريقة يمكن تجنُّب حدوث انكماشٍ عظيم.

لنطرح الفكرة بمزيد من الدقة: إذا اعتمدنا كوناً يخضع لحركةٍ نحو الخارج فنحن أمام عاملَيْن متآثرَيْن هما: الحركة الكونية وقوة الثقالة. وعلينا تبعاً لذلك أن نوازن معدَّل توسُّع الكون في زمنٍ ما مقابل مقدار كتلته (ومدىٰ قوة جذب الثقالة له لتتماسك أجزاؤه من جديد). كذلك فهناك سرعةٌ خارجيةٌ حاسمة لأي كتلةٍ معلومة، هي ما يسمّىٰ سرعة الإفلات Escape Velocity للكون. وهذا ليس بعيد الشبه بما يحدث لصاروخٍ يحاول مغادرة الأرض؛ فإذا زوِّد بسرعة انطلاقٍ عالية انفلتَ في آخر المطاف من قوة ثقالة الأرض وهام في الفضاء الخارجي

إلىٰ الأبد. أما إذا كانت الانطلاقة منخفضة السرعة عملتْ فيه القوةُ الثقالية الجاذبة وأعادته إلى الأرض بعد حين. كذلك الأمر في حالة كثافة مادةٍ معيَّنةٍ في الكون، إذ تجد أنَّ ثمة سرعةَ تمدُّدٍ كوني حاسمة يتوقف الكون دونها عن التوسُّع مُنكفئاً على نفسه في النهاية، وإذا تجاوزها توسَّعَ إلى الأبد.

ولما كانت الثقالةُ قوةً جاذبة، فإنَّ الكون لا يميل إلى السكون بحالٍ من الأحوال، بل ما يفتأ ينزع إلى الحركة تمدُّداً أو تقلُّصاً، وهذا ما رفضه أينشتاين، ومن هنا بدأ خطؤه الكبير، عندما راح يسعى إلىٰ كونٍ ساكنٍ في معادلاته الحقلية.

في سنة 1917 كانت فكرةُ سرمديةِ الكون مُعْتَقَداً راسخاً في الفلسفة الغربية؛ وأنَّ السماء قائمةٌ من الأزل إلى الأبد.» وقد أزعجَ أينشتاين وأقضَّ مضجعه أن يكتشف أنَّ معادلة الحقل التي صاغها قد أظهرت كوناً لا سرمدياً. ويبدو أنه في مواجهة هذا التناقض بين نظريته والمعتقدات الفلسفية الراسخة آنذاك قد تراخىٰ وقام بتعديل نظريته.

ومن المُحتمل أنه لو كان رجلاً بليد التفكير لما وقع في هذا الخطأ قطّ، إذ لما كان بمقدوره أن يجد سبيلاً لطرح مسألةٍ لا وجود لها، بل لتقبَّل ما انتهىٰ إليه عن طريق الرياضيات. والواقع أنٰ ذكاءه قد أذاقه الوبال وسوء العاقبة أكثر مما عاد عليه بالنفع والخير. وسرعان ما اهتدىٰ إلى تعديلٍ بسيطٍ لنظرياته الحقلية أتاح له تصوُّر كونٍ ساكن.

وقد أجرىٰ تعديله بإدخال عنصرٍ رياضيٍّ آخر على معادلته الحقلية، هو العنصر لامدا Lambda (الحرف اليوناني λ) الذي كثيراً ما يُعرَف بـ «الثابت الكوني Cosmological Constant»، وكان تعديلاً مبهماً عويصاً بلغ حدَّ إسناد الطاقة والكتلة والوزن إلى العدم *Nothing* أو الخواء *Vacuum* وهو إلى جانب ذلك عنصر مراوغةٍ أساء إلىٰ نظريةٍ رائعةٍ لولا ذاك التعديل؛ إنه شيء أُقحم

اعتباطاً ودون مُبرِّر سوى التثبّت من إمكان التنبُّؤ بكونٍ ساكنٍ عن طريق نظرية النسبية العامة.

صحيحٌ أنَّ الثابت الكوني تعديلٌ بسيطٌ على معادلة أينشتاين قد يبدو للوهلة الأولى حميداً لا غُبار عليه، لا سيما وأنَّ التنبُّؤات الخاصَّة بمدار كوكب عطارد وانحراف الضوء، على سبيل المثال، لم تتأثر في جوهرها؛ لكنَّ الأمر مختلفٌ تماماً عندما يتعلق بصميم أغراض علم الكون وعلىٰ المستوىٰ الأساسي منه، حتىٰ بات هذا الثابت إلىٰ يومنا هذا يُمثِّل عبئاً ثقيلاً في الفيزياء يبدو أنّا غير قادرين على التخلُّص منه. وفي أثناء عملي شخصياً في نظرية تفاوت سرعة الضوء طال ليلي فلم أَنَمْ وشبحُ لامدا ما انفكَّ ينتابني ليالي طوالاً.

وكما هي دوماً بداياتُ كل الأمور الخبيثة، بَدَتْ آثار الأيام الأولىٰ للثابت الكوني مأمونةً وغير ذات ضرر. وقد بات معلوماً لنا ـ وفقاً للنسبية العامة ـ أنَّ الأجسام تسقط بطريقةٍ واحدة علىٰ امتداد خطوطٍ في الزمكان تسمىٰ الخطوط التقاصرية (الجيوديسية). والوجه المقابل هو أنَّ كلَّ شيءٍ يولِّد ثقالةً أيضاً، أي أنَّ كلَّ شيء يُقوِّس الزمكان ويحني الخطوطَ التقاصرية. وهذه الحقيقة تحمل آثاراً جديدةً مذهلة بعيداً عن خبراتنا، لكنها بالتأكيد تنبؤاتٌ رصينةٌ للنسبية منذ البداية. على سبيل المثال إنَّ الضوء والكهرباء ظاهرتان ثقيلتان؛ فلا يقتصر عملُ الثقالة علىٰ حَنْي الضوء، بل إنها تجذب الأجسام الأخرىٰ أيضاً: إنَّ شعاعاً قوياً من الضوء قمينٌ أن يجذبك نحوه. وإذا التفتنا إلى الحركة وجدنا أنها ثقيلة أيضاً: فالنجم السريع يجتذب عدداً من النجوم الأخرىٰ أكبر مما يجتذب نجمٌ ثابت. ولا عجب أنَّ الثقالة تنبثق من أي شيء، سواء أكان حرارةً أم ضوءاً أم حقولاً مغنطيسية، بل وحتىٰ الثقالة نفسها، وهذه السِّمة الأخيرة بالذات هي التي تجعل من الرياضيات المستعملة في النسبية أمراً جدَّ معقَّد؛ إنها تصف المادةَ التي تولِّد الثقالة، ثم تصف قوةَ الثقالة نفسها كمصدرٍ لمزيدٍ من الثقالة في سياق سلسلةٍ معقَّدة.

كان هذا القدر واضحاً تماماً من معادلة أينشتاين القياسية. ثم إنه أثار هذا السؤال الثاقب: هل بإمكان «العدم» ـ الخواء ـ توليد قوة ثقالة هو الآخر؟ وإذا كان الأمر كذلك، فما وزن الخواء؟

ربما يبدو ذلك سؤالاً تافهاً لا معنىٰ له، لكن من عادة أينشتاين أن يطرح أسئلةً بلهاء تترتَّب عليها تداعياتٌ خطيرة حقاً. ولابُدَّ أنَّ هذا السؤال لم يُلقَ علىٰ عواهنه؛ فالواقع أنَّ تعاطي أينشتاين مع «العدم» كان يكتنفه التعقيدُ علىٰ الدوام، وكان هذا السؤال بالذات، إلىٰ جانب منشأ الثابت الكوني، بمنزلة ذروة علاقةٍ طويلة ومعقَّدة.

وقد غَبَرَ على العلماء حينٌ من الدهر كانوا يعتقدون أنَّ «شيئاً ما Something» لابُدَّ أن يُخالط «اللاشيء» أو العدم Nothing. أطلقوا علىٰ ذلك «الشيء» اسم «الأثير Ether» وهو المقابلُ العلميُّ لما يسمّى بالجبلَّة الخارجية Ectoplasm. وبلغت نظريةُ الأثير أوجَ رواجها وشيوعها في القرن التاسع عشر، جنباً إلىٰ جنب مع ما يُدعىٰ النظرية الكهرمغنطيسية للضوء. ومع أنَّ الأثير قد يبدو مفهوماً غريباً اليوم، فإنَّ لحظةً من التدبُّر تكشف أنَّها منطقية بالبداهة.

سارت المحاكمةُ المنطقية فيما يتَّصل بالأثير كما يلي: إنَّ الضوءَ اهتزازٌ أو موجة؛ وهذا القدر كان مفهوماً تماماً آنذاك وتؤيِّده أدلةٌ كثيرة. وكلُّ الاهتزازات الأخرى ـ كالأمواج الصوتية وتموُّجات الماء في بركة ـ تحتاج إلىٰ وسطٍ ناقل يدعمها، على أن يكون شيئاً يهتزّ فعلاً. فلو نزعنا الهواء من وعاءٍ بوساطة مضخَّة، تعذَّر انتشار الصوت عبر الوعاء لانعدام الوسط المهتزّ بصيغة صوت. كذلك لا معنى للتموُّجات في بركةٍ جافة.

وإذا سحبنا كل شيءٍ من علبة بحيث أوجدنا فيها خواءً مثالياً، وجدنا أنَّ الضوء لا يزال ينتشر عبرها على كل حال، ولا غرو في ذلك؛ فإنَّ ثمة خواءً مثالياً في الفضاء البيكوكبي، ومع ذلك فنحن نرىٰ النجومَ تتلألأ في السماء. إذن يتراءىٰ أنه عندما سحبتَ كلَّ شيءٍ من علبتك لكأنما نسيتَ نزعَ شيءٍ ما من

شأنه أن يرفد اهتزازات الضوء، أو كأنَّ الخواء البيكوكبي قد مُلِئ فعلاً بمادةٍ شبيهة. وكان ذلك الشيء هو الأثير، تلك المادة اللطيفة التي تتخلَّل كلَّ شيء، ولا نستدلّ علىٰ وجودها إلا من الضوء نفسه دون أن نستطيع لَمسها أو الإحساس بها أو حتىٰ ضخّها خارج الوعاء، ومع كلِّ ذلك فهذه المادةُ الأثيرية موجودة في كل مكان، آية ذلك انتشار الضوء في كل الأحوال. وقد ساد الاعتقاد أنَّ الأثير جزءٌ من الحقيقة الواقعة، شأنَ أيِّ عنصرٍ آخر. ولعلك تجده مُدْرَجاً علىٰ هامش معظم الجداول الدورية التي ترقىٰ إلىٰ القرن التاسع عشر.

وضعت نظريةُ أينشتاين النسبية الخاصة حدّاً للأثير لأنه يتعارض ومبدأ ثبات سرعة الضوء: فالرياح الأثيرية قد تُسرِّع أو تُبطئ الاهتزازات التي ترفدها وهي الضوء. إنَّ الرياح الأثيرية تلك هي التي كانت الدافع لإجراء تجارب مايكلسُن ـ مورلي، وليس أصوات خوار أبقارٍ في مرجٍ للأحلام. وبينما تتحرَّك الأرضُ عبر الأثير يُفترَض أن نطير نحن بفعل الرياح الأثيرية الآتية من جهاتٍ مختلفة (تبعاً لاتجاه حركتنا)، ويُترجم ذلك على صورة تغيُّرٍ في سرعة الضوء (تبعاً لاتجاه الضوء بالنسبة إلى الرياح).

فإذا قبلتَ بحقيقة الأثير، فذلك يعني أنَّ النتيجة السلبية لتجربة مايكلسُن ـ مورلي (المتعلقة بثبات سرعة الضوء) لا معنىٰ لها؛ إذ كيف يُمكن أن تكون لراصدين في حالة حركةٍ أحدهم بالنسبة إلىٰ الآخر السرعةُ النسبية نفسها بالنسبة إلى الأثير؟ فإذا كان ثبات c في حدّ ذاته مُحيِّراً، فهو في إطار النظرية الأثيرية أولىٰ أن يفقد معناه على الإطلاق.

وقد أفضىٰ هذا اللغزُ إلىٰ ضروبٍ شتَّىٰ من المقترحات اليائسة؛ فرأىٰ البعض أنَّ تجارب مايكلسُن ـ مورلي أُجريت جميعاً في الأدوار السفلىٰ من المباني حيث تقع المختبراتُ في العادة، فذهب الاعتقاد إلىٰ أنَّ الأثير ربما يكون قد علقَ داخل الأقباء، ولم نشعر برياحِه. ومن الواضح أنَّ هذا الحلَّ سخيفٌ تماماً: إذ لو كنّا عاجزين عن الإحساس بالأثير بأي وسيلةٍ أُخرىٰ،

فكيف تَمَّتْ للأقباء القدرةُ علىٰ احتباسه؟ لا ريب أنَّ الأثير إنْ أمكن احتباسه داخل أقباء، فذلك يستتبع بالضرورة أن يكون بإمكان المرء احتباسه داخل أوعية ـ أو سحبه منها. ومع ذلك أصرَّ الناسُ علىٰ محاولة إعادة تجارب مايكلسُن ـ مورلي مرةً بعد مرة، أملاً في الكشف عن تغيُّرٍ في سرعة الضوء علىٰ ذرا الجبال، حيث ينتفي إمكان احتباس الأثير بصورةٍ طبيعية. إلا أنَّ المحاولات كلَّها لم تُجدِ نفعاً، واستعصىٰ الكشف عن الرياح الأثيرية.

كان أينشتاين أول من قال إنَّ الضوء اهتزازٌ من غير وسطٍ ناقل؛ تموُّج في الخواء. ولولا هذه القفزة في مفهوم الضوء لما كانت نظريةُ النسبية الخاصَّة ممكنةً قطّ. فإذا لم تجد في النسبية الخاصَّة مفهوماً عصيّاً علىٰ الفهم، فقد يكمن السببُ في أنك لم تتعلَّم مفهومَ الأثير في المدرسة(*). ومنذ الفتح الذي حقَّقه أينشتاين سنة 1905 غدا الأثير في حوزة مؤرِّخي العلوم، ومَنْ يعرف شيئاً عن الأثير من العلماء ـ وقليلٌ ما هم ـ يسخر منه. ومع ذلك فقد كان الأثير هو العقبة الفكرية الرئيسية التي عاقت ظهور النسبية الخاصَّة في وقتٍ مبكِّر، فكان التخلُّص منها يُمثّل جزءاً كبيراً من عبقرية أينشتاين، الذي صرَّح سنة 1905 في مقالةٍ هامةٍ وواعدةٍ له: (إنَّ إدخال «أثير نيِّر» سيغدو أمراً لا لزوم له في نظريتنا، إذ لن نكون في حاجةٍ إلىٰ مفهوم «فضاءٍ في حالة سكونٍ مطلق».)

وبذلك يكون قد أعاد مفهوم العدميَّة إلىٰ العدم، الخوائية إلىٰ الخواء. إلا أنه بعد ذلك باثنتي عشرة سنة، وفي غمرة أزمةٍ كونية، اتَّخذ موقفاً معاكساً تماماً، فراح يبحث عن إمكان إضفاء شكلٍ من أشكال الوجود علىٰ الخواء، حيث يُصبح هذا الأخير قادراً علىٰ توليد ثقالة. فهل يمكن أن يكون العدمُ شيئاً ما؟

(*) أول عهدي بمفهوم الأثير كان في سياق قراءتي المبكِّرة لكتاب «تطوُّر الفيزياء». ولمّا استفسرتُ أُستاذ الفيزياء عن هذا المفهوم طالبني بالكفّ عن هذه الحماقة قائلاً: «إنَّ الأثير لو تغلغل في كلِّ شيء لكنّا في حالةٍ من الخدَر.»

عندما كان أينشتاين يُقيم في مدينة بيرن Bern ويعمل كاتباً في مكتب براءات الاختراع، كان يقوم بأبحاثه في غرفةٍ صغيرةٍ للدراسة بعيداً عن منزله. وفي هذه الغرفة الصغيرة كان يُعنىٰ بعددٍ كبيرٍ من القطط الأثيرة لديه. لكنَّها كانت في بعض الأحيان عبئاً عليه وهي لا تنثني عن خدش الأبواب المغلقة مطالِبةً بحرية الحركة في أرجاء المنزل. وبالنظر إلى تعذُّر إبقاء الأبواب مُفتَّحةً كلها، قرَّر فتح ثقوبٍ في أسفلها للقطط تكون بمنزلة أبوابٍ صغيرةٍ لها.

في تلك السنة تعادل عددُ القطط الكبيرة والصغيرة عنده تقريباً، فكان من المنطقي أن يفتح ثقبَيْن في كل باب: ثقباً كبيراً للقطط الكبيرة وآخر صغيراً للصغيرة.

وبإمكان المرء أن يستنتج من هذا أنَّ العقل المعقَّد لأينشتاين قد ذهب إلى أن يكون «العدم Nothing» «شيئاً ما Something.» فلا بُدَّ أن يكون للثقب وجودٌ ذو معنىٰ، ولربما كانت القططُ الصغيرة مستاءةً لو لم يُهيَّأ لها عدمٌ مجسَّد. وإذا كنتَ مستعداً للدخول في هذا المسار السريالي المُغْرِب فقد تبدو بقيةُ هذه المحاكمة طبيعيةً مألوفةً لك. وبالفعل فقد أضفىٰ أينشتاين بالأسلوب نفسه وجوداً على العدم، مرتئياً أنَّ الخواء قد يولِّد ثقالة. وبينما كان يُحاول إيجاد طريقةٍ متوازنةٍ تجعل ذلك مُمكناً في نظريته، خَلُصَ إلىٰ نتيجةٍ غريبة: وهي أنَّ الخواء يجب أن يكون نابذاً أو تنافرياً Repulsive. وعند هذه النقطة كان جديراً أن يقفز في الهواء فرحاً لأنه أدرك أن استحالة وجود كونٍ ساكن هي نتيجةٌ مباشرة للطبيعة الجاذبة لقوة الثقالة. فهل كانت طاقةُ الخواء التنافرية هي المخرج؟

يقوم الدليلُ على الصفة التنافرية Repulsiveness للخواء من نتائج رياضيةٍ راسخةٍ في إطار النسبية العامة؛ إذ تقضي النسبية بأن القوة الجاذبة لأي جسم تتمثل في كتلته وضغطه مجتمعَيْن. حاوِلْ أن تضغط جسماً لتُلاحظ تنامياً في قدرته علىٰ جذب أجسامٍ أُخرىٰ. والشمس مثال عملي؛ فهي واقعة تحت

الضغط، وقدرتها علىٰ جذب الكواكب أكبر والحال هذه منها لو كانت مُجرَّد كرةٍ غباريةٍ لا تخضع لأي ضغط. إلا أنَّ الأثر في الواقع ضئيلٌ جداً، لأنَّ مقدارَ الكتلة في الأجسام الاعتيادية، وحتىٰ في الشمس، يرجح علىٰ مقدار الضغط إلىٰ حدٍّ بعيد. لكنَّ هذا الأثر يمكن التنبؤ به بوضوح عن طريق النسبية العامة؛ فلو تسنّىٰ لك ضغطُ جسمٍ ضغطاً فائقاً، لتمكَّنتَ من ملاحظته.

هذا القدر من المناقشة لم يكنِ مثار خلاف، بل جزءاً لا يتجزَّأ من صُلب ما تنبَّأت به النسبية. لكن ثمة ملاحظةً جديرةً بالاهتمام هنا، وهي أنَّ قوة الشَّد أو التوتُّر Tension ضغطٌ سلبي. ومعنىٰ هذا أنَّ آثار الشدّ يجب أن تظهر علىٰ شكل انخفاضٍ في قدرة الأجسام علىٰ الجذب. إنَّ قدرة شريطٍ مطاطيٍّ مشدودٍ علىٰ الجذب أقلُّ من قدرة الجذب المتوقّعة من كتلته أو محتوىٰ طاقته وحدها. كذلك القول في شمسٍ افتراضية مشدودة، إذ لا بُدَّ أن تفقد شيئاً من قوَّتها الجاذبة أيضاً.

ونجد مرةً أُخرىٰ أنَّ الأثر ضئيلٌ جداً في الأجسام الاعتيادية، لكنَّ شيئاً لا يمنعنا ـ من حيث المبدأ ـ من زيادة مقدار الشَّد في جسم إلىٰ حدٍّ تصبح معه قوةُ الثقالة تنافرية. إذن فالثقالة ليست بحاجةٍ إلىٰ أن تكون جاذبةً وفقاً لنظرية النسبية، وكلُّ ما يلزمك لإحداث ثقالة تنافرية هو أن تجد شيئاً علىٰ الحدّ تماماً ومشدوداً إلىٰ أقصىٰ مداه، يوشك على الانفجار.

من قبيل ماذا؟ المفاجأة هي أنَّ الخواء قد يكون مثالاً نموذجياً. فعندما كان أينشتاين يحاول أن يجد وسيلةً متوازنةً رياضياً لإعطاء الخواء كتلةً (أي طاقة $E=mc^2$) وجدَ أنه لا يستطيع تجنُّب إعطائه قوة شدٍّ عاليةً جداً. إنها حقيقة غريبة فعلاً، لكنها تبرز من المعادلة الممكنة الوحيدة المتوافقة مع الهندسة التفاضلية التي تُراعي طاقة الخواء.

إنَّ قوة شدّ الخواء عالية جداً إلىٰ درجة أنَّ الآثار التثاقلية للشدّ تطغىٰ علىٰ

آثار كتلته، وينتج عن ذلك أنَّ الخواء نابذ تثاقلياً. وبتعبير نيوتن نقول إنَّ للخواء وزناً سلبياً.

وطاقة الخواء بطبيعتها خفيفة التركيز ومنتشرةٌ انتشاراً مُطَّرداً خلال كلِّ شيء. وعلىٰ سلَّم المنظومة الشمسية يُلاحَظ أنَّ الآثار التثاقلية للمادة تتجاوز كثيراً آثارَ الخواء، حيث يستلزم الأمر الانتقال مسافاتٍ كونيةً لكي تصبح كثافة الخواء قريبة من كثافة المادة الاعتيادية، والجانب التنافري للثقالة ظاهراً.

وخلاصة القول أنَّ أينشتاين قد أدرك أنَّ الكونَ المتحرّك غير المستقر نتيجةٌ مباشرة للطبيعة الجاذبة للثقالة. إلا أنه بات يُدرك الآن أيضاً أنه، بوجود الثابت الكوني، لا حاجة إلىٰ أن تكون الثقالة جاذبةً. وكان السؤال المطروح: هل يُمكن تلفيق كونٍ ساكن بالاستفادة الحكيمة من العنصر الجديد؟

اقترح أينشتاين الوصفة التالية: خذْ كَوْناً مُتمدِّداً نموذجياً تنعدم فيه سرعة الإفلات أو تكاد، فستطغىٰ ثقالته في آخر الأمر علىٰ تمدُّده، فيرتصُّ علىٰ نفسه من جديد وينتهي بانكماشٍ عظيم. تصوَّرْ ذلك الكون في اللحظة التي يوشك فيها أن يتوقف عن التمدُّد ويبدأ بالارتصاص، أي في اللحظة التي يكون فيها ثابتاً لبرهةٍ عابرة، ثم رشَّه بمقدارٍ معياري من الثابت الكوني. ولما كانت طاقة الخواء هذه نابذة تثاقلياً، فإنها تقاوم الأثر الجاذبَ للثقالة الطبيعية. ولئن وُجد نوعٌ من الثقالة يتطلب تقلُّص الكون، وآخر يتطلَّب تمدُّده، فإنك إذا استعملتَ العناصرَ وفقاً للنسب الصحيحة، فإنَّ مقدار الجذب قد يُعادل مقدار النبذ، وبذلك يظل الكون ساكناً.

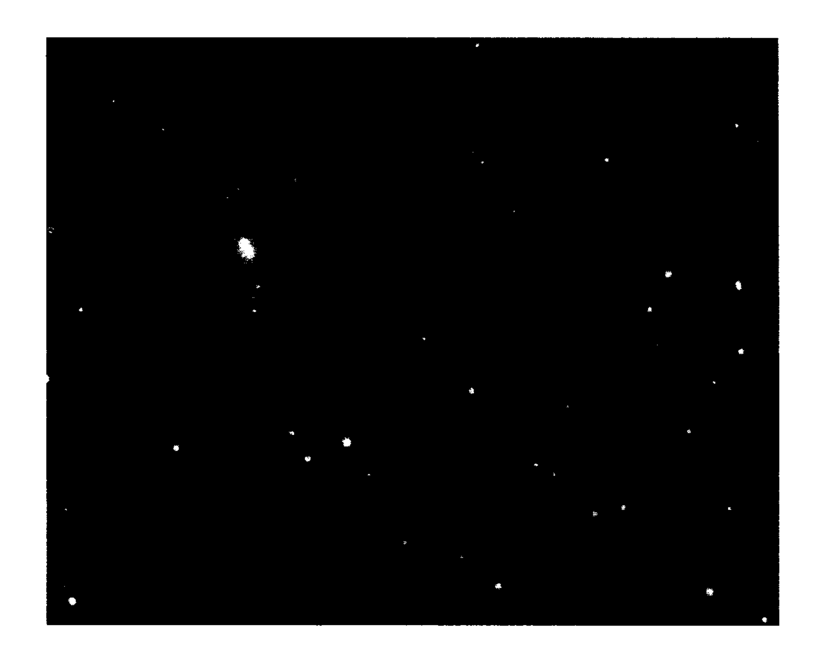
وهكذا نجح أينشتاين في استنباط نموذجٍ لكونٍ ساكنٍ في إطار نظرية النسبية بالاستعانة بالثابت الكوني فقط. إنَّ الكون ـ والحقُّ يُقال ـ غير سعيدٍ بسكونه، بل إنه يبدو وكأنه في قيد، هدوءٍ مفروض ولكنه غير مستقر؛ غير أنه يظلُّ ساكناً، لخير الأجيال الآتية.

إذن يستجيب الكون لما كان تعصُّباً شبه ديني، وهو اعتقادٌ اعتنقه البعضُ وسلَّموا به في سياق الثقافة الغربية. ومن المفارقات أنه في حين أوشك علم الكون أن ينفلت من قبضة الدين والفلسفة، انتقمت هذه الأخيرة وراحت تنفث السُّمَّ في أول نموذجٍ علميٍّ للكون. ولعلَّ الشرف الذي حظي به أينشتاين نابعٌ من أنَّ العلم قائمٌ علىٰ معطيات، ولم تكن تتوفَّر معطياتٌ كونيةٌ آنذاك، فحلَّ التعصُّب محلَّها. ثم جاءت وصفته لاستيعاب هذا التعصُّب لفتةً بارعةً منه لم يكن ليتسنّى لنا من دونها أن نعرف شيئاً عن الثابت الكوني. وبذلك توصَّل إلى ما يُعرف اليوم بكون أينشتاين الساكن، وهذه هي غلطته الفادحة.

ولم يمضِ وقت طويل حتى بدأت المعطيات الفلكية حول الكون تتدفق؛ ففي العشرينيات من القرن الماضي أجرىٰ الفلكي إدوين هَبل Edwin Hubble سلسلةً من الأرصاد الرائدة من جبل ماونت ويلسُن في كاليفورنيا، سرعان ما أصبحت أفضل استشرافٍ للكون في حينها، وطارت لمقراب هَبِل في أوج ازدهاره شهرةٌ طبَّقت الآفاق، حتى أمسىٰ نجومُ هوليوود أنفسُهم يلتمسون السماح لهم بالنظر من خلاله. ها قد صار الكونُ مشهداً للخاصَّة من الناس.

تلقَّىٰ هَبِل تدريبه بادئ الأمر محامياً، لكنه ما لبث أن أدرك خطأ نهجه فقرَّر أن يقف نفسَه لعلم الفلك كليةً. وحتىٰ في هذا لم يَرْقَ إلى مستوىٰ العامل العالِم؛ فقد انصرف تفوُّقه في المقام الأول إلىٰ رياضيٍّ متميِّز في كرة السلة والملاكمة والمبارزة والرماية. وبسبب حُبِّه لكل ما هو إنگليزي(*)، درسَ في أُكسفورد، فأورثتْه الثقافةُ الإنگليزية فيما يبدو ميلاً إلى الشذوذ تبدّىٰ في أرصاده الفلكية الخاصَّة. وكان يُساعده في أرصاده تلك فلكيٌّ آخر عصاميٌّ اسمه ملتون هيوماسُن Milton Humason دفعه شغفُه بالفلك إلى الالتحاق بملاك مرصد ماونت ويلسُن وهو ما يزال فتىٰ (في البدء تولّىٰ أمر البغال التي كانت تنقل التجهيزات الفلكية إلى أعلى الجبل). ومع أنَّ الرجلين تجمعهما خلفيةٌ لا تليق

(*) كان بالفعل شخصاً متعاظماً كريهاً لا يطيقه أحد.



شكل 1.4 مشهدٌ لمجرَّة.

كثيراً بفلكييْن مُحترفيْن، غير أنَّهما تميَّزا باستعدادٍ فطريٍّ كبير واندفاع في العمل لا هوادة فيه، فكان عملهما المشترك حَرِيّاً بأن يُغيِّر وجه الكون برمّته عما قريب.

ولعلّ، ما قام به هَبِل من أرصادٍ غريبةٍ جداً يعود إلىٰ قلّة خبرته وضحالة درُبته في هذا المضمار؛ فقد نَصَبَ مقراباً داخل بناءٍ يدور دوران الساعة، بخلاف اتجاه دوران الأرض تماماً، وبذلك تمكَّن تلقائياً من توجيه مقرابه باتجاهٍ واحدٍ فتراتٍ طويلةً، وإجراء أرصاده من غير «إلصاق» العين المجرَّدة بطرف المقراب، بل اللجوء، بدلاً من ذلك، إلىٰ استعمال صفائح فوتوگرافية يُمكن تعريضها للضوء فتراتٍ طويلة جداً.

وكانت محصّلة تلك الأرصاد الفريدة مثيرةً حقاً. أعرض عليك في الشكل 1.4 صورةً لمجرّة، وهو تجمُّعٌ نجميٌّ مثل مجرَّتنا درب التبّانة قد يكون مشهده مألوفاً لك، إلا أنَّ أحداً قبل هَبِل لم يُعاين قطُّ مشهداً لمجرّة، دوامة عظيمة من

مليارات النجوم تُحْدِق بعينٍ مركزيةٍ ساطعة. ولا شكَّ أنَّ ذلك المشهد ـ المألوف لك اليوم ـ قد ذُهِلَ له الناسُ آنذاك ذهولاً. وكان الوقع كما لو أنَّ أحداً اخترع آلة تصوير جديدة ما إن التَقَطت أول صورة حتى تبيَّن أنّا مُحاطون بأشخاصٍ خُضْرٍ يعيشون بيننا، ولم نكن لنتمكَّن من رؤيتهم لولا الصورة.

والمجرّات ليست صغيرةً جداً في السماء؛ فالحجم الظاهريُّ للكبيرة منها يُضاهي حجم القمر، وهي إلى جانب ذلك خافتةٌ لا تستبين لأعيننا حتىٰ ولو من خلال مقراب. ولم يتمكَّن غير مقراب هَبِل من كشفها واستخراجها من لجّة ظلمة السماء.

لقد غيَّر اكتشاف المجرّات مسارَ علم الكون ومنظورَه تغييراً جذرياً، وأظهر بوضوح مبلغ خطأ توجُّهات معظم العلماء النظريين حتى ذلك الوقت. وإذا نظرنا إلى سماء ليلٍ صافي الأديم بعينٍ مجرَّدة مدرَّبة رأينا فيوضاً غامرةً لتفاصيل السماء: من كواكب ونجوم، وبدت مجرَّتنا دربُ التبانة. وإذا استطعنا أن نلمح سحابتَيْ ماجلان ظهرتْ لنا صورةٌ خافتة لتابعٍ لمجرَّتنا. إنَّ تنوُع ما نرصده في السماء يجعل من التنبُّؤ بسلوك الكون ونواميسه في مجملها، من هذا المنظور، أمراً مستحيلاً أو مجاوراً للمستحيل، وهو أقرب إلىٰ التنبُّؤ بالأحوال الجوية علىٰ الأرض، أو بمسار تيارات المحيطات من نقطةٍ صغيرةٍ علىٰ الكواكب.

علىٰ أنَّ مكتشفات هَبِل تُظهِر أنَّ كلَّ هذه التفاصيل غير ذات صلة؛ فنحن نستطيع اليوم، بالاستعانة بالمقاريب الحديثة الفعَّالة، أن نجد أنَّ النجوم في السماء هي في الحقيقة جزءٌ من المجرَّة المسمّاة درب التبّانة، وأنَّ هذه المجرَّة هي واحدة من «جُزُر نجمية» كثيرةٍ مشابهة تسبح في فضاء الكون الرحيب. وإذا أمعنّا النظر أكثر نرىٰ أنَّ معظم هذه المجرّات تنزع إلىٰ التكتّل في مجموعاتٍ أو حشود.

لكنّا إذا أمعنّا النظر أكثر فأكثر وجدنا أنَّ الصورة تتغيَّر تغيُّراً مثيراً: فنبدأ برؤية كل هذه البُنىٰ الكونية والمجرّات والحشود المجرّية، وحتىٰ أكبر البُنى

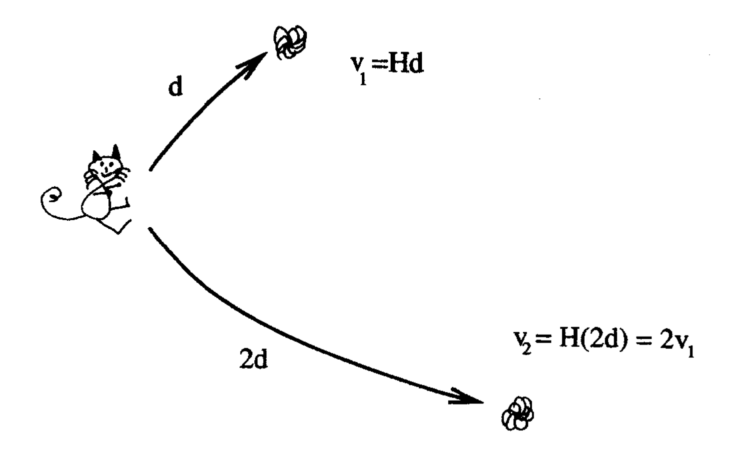
التي يُمكننا رصدها، على أنها جسيماتٌ يتكوَّن منها السائل الكوني، الذي يبدو مُنتظماً ومُتماثلاً إلىٰ حدٍّ بعيد مقارنةً بالتنوُّع المعقَّد لجوارنا الموضعي. وهو يُصوِّر لنا كوناً مُتجانساً جداً ومجرّداً من أي بنية. ولا شك أنَّ مثل هذا الكيان الوديع بسيط وملائم للنَّمْذَجَة الفيزيائية. إلاَّ أنَّ النقطة الحاسمة تكمن في إدراك أنَّ الوحدات الأساسية (أو ما دعوته بـ «الجزيئات») لهذا السائل البالغ البساطة هائلة وغير مرئية للعين المجرَّدة: إنَّها مجرّات، لا نجوماً ولا كواكب ولا أيّاً من «التوافه» التي يمكن إدراكها دون الاستعانة بمقراب.

وكانت تلك أول ضربةٍ يُسدّدها هَبِل لعلماء الكون؛ فقد علَّمهم ـ علىٰ وجه التحديد ـ أنَّ دراسة الكون لا تكون ذات معنىٰ فعلاً إلا أُخذ في الحسبان، أولاً وبالذات، حجمه الهائل، تماماً كما أنك لا تتمكَّن من فهم حبكة فيلمٍ فهماً كاملاً إذا ركَّزت عينيك علىٰ الشاشة من بُعد بوصتين عنها.

فتح هذا الكشف أبواب علم الكون علىٰ مصاريعها، فغدا تفسير الكون أكثر سهولةً بما لا يُقاس. غير أنَّ هَبِل اكتشف أيضاً شيئاً آخر، شيئاً أكثر إثارةً وأبعد أثراً، وهو أنَّ هذه الصُّهارة (الماگما Magma المُتجانسة تبدو نزّاعةً إلىٰ التمدُّد، آيةُ ذلك أنَّ كلَّ المجرّات التي يُمكننا رصدها تبتعد عنّا باستمرار. ثم إنَّ الكون ليس ساكناً كما كان يُظَن! فلو أنه التزم بمعادلته الأصلية وقَبِلَ النتائجَ التي تمخَّضتْ عنها لكان بإمكانه أن يرىٰ بعين قلبه أنَّ الكونَ لا بُدَّ أن يكون متوسِّعاً، ولاستأثر لنفسه بشرف أعظم انقلابٍ علمي في كل زمان.

وتبتعد المجرّات عنّا وفقاً لنموذجٍ متميِّز يوافق قانون هَبِل الذي ينصّ علىٰ أنَّ سرعة انحسار مجرَّةٍ يتناسب طرداً مع بُعدها عنّا. وعليه فالمجرّةُ التي تبعد عنّا ضعفَيْ بُعدِ مجرَّةٍ أُخرىٰ، تبتعد عنّا بسرعةٍ تُعادل ضعفَيْ سرعة تلك المجرة الأخرىٰ.

وإذا كان الأمر كذلك فسنخلص على الفور إلىٰ أنَّ قانون هَبِل ينطوي علىٰ مدلولٍ مُرْبِك؛ إذ إنَّ ازدياد سرعة انحسار الكون عنّا كلما ازداد بُعده يستوجب



شكل 2.4 راصد يُراقب حركة مجرَّتين تقعان علىٰ بُعد d و2d علىٰ التوالي وفقاً لقانون هَبِل. تنحسر المجرَّة الثانية بسرعةٍ تبلغ ضعفَيْ سرعة المجرَّة الأولىٰ، فيستنتج الراصد أنهما كلتيهما متزامنتان مع نفسه في الماضي. وتصحّ هذه النتيجة في المجرَّات كلِّها، وذلك يستوجب أن يكون الكون كلُّه قد انضغط في الماضي إلىٰ نقطةٍ وحيدة انفتقت بعدُ فيما يُسمَّىٰ الانفجار العظيم.

أنَّ حدثاً كارثياً مُروِّعاً لا بُدّ أن يكون قد وقع في ماضي الزمان. ولمعرفة سبب حدوثه لنستعرض في أذهاننا شريط فيلم الكون زمانياً بترتيبٍ عكسي باتجاه الماضي.

إذا كانت مجرَّةٌ ما تتحرَّك مُبتعدةً عنّا في الفيلم الحقيقي، فإنّا نراها في الفيلم العكسي تتحرَّك نحونا. ومعنىٰ ذلك أنَّ تلك المجرّة، في وقت ما من الماضي، كان من المفروض أن تكون فوقنا. لكن إلىٰ أيِّ مدىٰ يلزمنا الغوص في الماضي لنشهد تلك الحالة الرهيبة؟ حسناً، إنها البُعد الحالي للمجرّة، ولنسمِّه L مقسوماً على سرعتها، وليكن v ويكون زمن استعراض الفيلم عكسياً حتى التصادم هو L/v.

فإذا كُنْتَ تعتقد أنَّ حادثة التصادم الكوني الوحيدة هذه حادثة كارثية حقاً، فاسأل نفسك الآن السؤال نفسه في حالة أي مجرَّةٍ أُخرىٰ، ولتكن مجرَّةً تقع

عند ضعفَي البُعد. فطبقاً لقانون هَبِل تكون سرعتها الآن 2v ويكون زمن استعراض الفيلم عكسياً حتى التصادم هو 2L/2v، أي L/v وهو الزمن السابق نفسه، وذلك يقتضي أن تكون المجرَّة الثانية فوقنا في ذات الوقت المتعيِّن للمجرَّة الأولىٰ تماماً (انظر الشكل 2.4). وهكذا دواليك. فالمجرَّات التي هي أكثر بُعداً عنا يترتَّب عليها قطع مسافةٍ أطول قبل أن تصطدم بنا في الفيلم العكسي، إلا أنَّها في الوقت نفسه تتحرك بسرعةٍ أكبر. إذن فالأمر كله مُنظَّم بحيث يكون وقت التصادم واحداً لمجرَّات الكون كافَّة.

وبمتابعة الفيلم من جديد بالتسلسل الطبيعي (نحو الأمام)، بحيث يكون سهم الزمن مُشيراً إلىٰ الاتجاه الصحيح، نخلص إلىٰ نتيجةٍ مُذهلة حقاً تتمثَّل في أنَّ قانون هَبِل يقتضي أن يكون الكون كله في وقتٍ ما من الماضي قد انضغط إلىٰ نقطة وحيدة، ثم لُفظ من تلك النقطة علىٰ شكل انفجارٍ هائلٍ أوجدَ الكون. وبإمكاننا أن نُقدِّر، عن طريق سرعات الانحسار المرصودة، أنَّ الانفجار العظيم قد وقع منذ نحو 15 مليار سنةٍ خَلَت، وأنَّ الأنقاض المتمدِّدة لهذا الانفجار قد ألَّفت الكون الذي نشهده اليوم.

وبقدر ما قد تكون هذه النتيجةُ مُذهلة، فإنَّ إعمال الفكر فيما وراءها لا يكاد يقتصر علىٰ ديناميكا الكون. انظرْ مثلاً إلىٰ مخلَّفات قنبلة تجدْ أنَّها تتوافق أيضاً وقانون هَبِل. إذن فقانون هَبِل هو السِّمة المميِّزة لأي انفجارٍ كبير.

وباكتشافه قانونه المشهور، يكون هَبِل قد وجد فعلاً دليلاً علىٰ الانفجار العظيم.

5
كون أبي الهول

بات من الواضح أنَّ نظرية الانفجار العظيم للكون، علىٰ أهميتها وبُعد آثارها (التي تُحاكي أهمية اكتشافات هَبِل وبَعيد أثرها)، لم تكن كلُّها بِساطَ صفوٍ ونَعمة. صحيحٌ أنَّ النموذجَ [الكونيَّ وفقاً لنظرية الانفجار العظيم] لم يُناقض أيّاً من الحقائق المقرَّرة المعروفة، وأنه أثبت سداده حتىٰ اليوم في عمليات الرَّصد العملية، إلا أنَّ ملامح الكون بعضَها بقي دون تفسير. وقد أدَّىٰ ذلك إلىٰ ظهور تساؤلاتٍ مُحيِّرةٍ من قبيل: لماذا يبدو الكون علىٰ صورةٍ واحدةٍ من مسافاتٍ شاسعة؟ ولماذا كان الكونُ علىٰ هذه الدرجة من الاتساع؟ بل ولماذا وُجد الكون أصلاً؟

ولربما كان بالإمكان إدراج عددٍ آخر من التساؤلات المشابهة التي تؤلف في مُجملها ما يُعرف بالمشكلات الكونية أو ـ بالتعبير الدارج ـ ألغاز الانفجار العظيم. وقد أثارت هذه الألغازُ إلىٰ عهدٍ قريب جدلاً طويلاً، والسعي إلىٰ الإجابة عنها لا يعني التخلّي عن نموذج الانفجار العظيم للكون كما نراه اليوم، لأنّا نُدرك أنَّ هذا النموذج أصبح غير قابلٍ للنقاش. وبدلاً من ذلك يبحث علماء الكون، في لفتةٍ فرويديةٍ غريبة، في بُداءة الانفجار العظيم للاستدلال منها علىٰ مراحله اللاحقة. وهم يأملون في الاستعاضة عن الانفجار الحقيقي، أو ربما ما حدث في جزءٍ لا يتجزّأ من الثانية بعده، بشيءٍ يضفي علىٰ ولادة الكون وبداياته

الأولىٰ وقعاً أرفق وطأة وأقلّ عنفاً. وهذا بالطبع لا يُناقض الأحكام والآراء، إذ ما من سبيلٍ مباشرٍ إلىٰ بلوغ المراحل المُبكرة من نشأة الكون والاطلاع عليها. لكنَّ الإجابات عن كلِّ الألغاز قد تكون كامنةً في نموذج الانفجار المعدَّل هذا.

عندما صرتُ فيزيائياً في بريطانيا سنة 1990 لم تكن ألغاز الانفجار العظيم المُحيِّرة قد حُلَّت بعد، وكانت تُمثِّل بالفعل تحدّياً كبيراً لأي باحثٍ غريرٍ في علم الكونيات، وتوحي بأنَّ هذا الميدان ملائمٌ للابتكار وحقيقٌ به؛ فهناك أسئلةٌ عميقةٌ ما زالت دون جواب، تنتظر حدسنا وتأمُّلاتنا في معالجتها. وكم أدهشني، بعد كل النجاح العريض الذي أحرزتْه نظرية الانفجار العظيم، أن أرىٰ توفُّر مجالاتٍ واسعةٍ للقيام بعملٍ مُبدعٍ في علم الكون. وبدأتُ أشعر وأنا أُتابع دراساتي العليا في كامبردج أنَّ تلك الأسئلة المُحيِّرة وحدها تقوم سبباً كافياً لتفضيل علم الكون علىٰ المجالَيْن المثيرَيْن الآخريْن في الفيزياء وهما: نظرية الأوتار String Theory وفيزياء الجسيمات Particle Physics. فأولهما لا تتوفَّر له معطيات دقيقة، بل مجرَّد تخمينات وظنون؛ والآخر ينوء بفيض من المعطيات بدا لي معه ضيق إمكانات القيام بأي عملٍ خلّاق يتَّصف بالأصالة والابتكار. ووجدتُ أنَّ علم الكون هو الميدان المناسب تماماً، فهو المجال القائم علىٰ أساسٍ متينٍ من الحقيقة، مع أنه لم يبلغ مرحلةً من النضوج تؤهِّله لحلِّ مشكلاتٍ أساسيةٍ بقيت مُستعصية.

من أبسط ألغاز الانفجار العظيم ما يُدعىٰ «مشكلة الأفق The Horizon Problem» وقد سُمِّيت كذلك لأنَّ الراصدين الكونيين لا يُمكنهم رؤية أكثر من جزءٍ صغيرٍ من الكون؛ فهم مُحاطون بأُفقٍ يتعذّر عليهم رصد ما وراءه. ونحن نعلم من تجربتنا اليومية أنّا لا نستطيع أن نرىٰ الأرض كلَّها، بل ما يقع ضمن حدود أُفقنا فقط. ويُعاني سكَّان كون الانفجار العظيم من مشكلةٍ منظوريةٍ مشابهة، سوىٰ أنَّ ظاهرةَ الأفق علىٰ الأرض مردُّها تقوُّس الأرض، في حين أنَّ مصدر الآفاق في الكون هو مجموع ظاهرتيْن مختلفتيْن تماماً: تتمثَّل الأولىٰ في

وجود حدٍّ كونيٍّ للسرعة وهو سرعة الضوء، وتتمثَّل الثانية في أنَّ للكون المنبثق عن الانفجار العظيم تاريخَ ولادة، أي عمراً محدوداً في أيِّ زمنٍ معلوم. ولو جمعتَ هاتيْن الحقيقتيْن لوجدتَ أنهما تُفضيان مباشرة إلى تنبُؤ الآفاق، وهو أنَّ الكون يستتبع المحدودية.

وعندما توجِّه بصرك إلىٰ السماء شطر نجم ناءٍ، فأنت تراه بحالته التي كان عليها في الماضي، أي إنك تُعاين الضوءَ الذي غادر النجمَ منذ زمنٍ بعيد مُستغرقاً ذلك الزمنَ كلَّه وهو ينتقل باتجاهك. فإذا كان عمر نجمٍ في السماء نحواً من 1000 سنة ضوئية مثلاً، فهذا يعني أنك تراه اليوم علىٰ حالته قبل 1000 سنةٍ خَلَت، إذ إنَّ الصورة التي ترصدها كانت طوال السنوات الألف الخالية تقطع المسافة من ذلك النجم إليك.

لنُمعن الآن في الغوص في أعماق الفضاء الكوني، في المسافات الهائلة التي سَبَرها علماءُ الفلك منذ هَبِل. فكلَّما أبعدتَ في رصدك ازداد التأخُّر في أعماق الزمان ما بين توليد الصورة التي ترصدها ورؤيتك لها. إذن بإبعادك في السبر فأنتَ تُبعِد في أعماق الزمان الماضي أكثر فأكثر؛ فعندما ننظر إلىٰ مجرّات تبعد عنّا مليار سنةٍ ضوئية مثلاً، فنحن في واقع الأمر نراها كما كانت منذ مليار سنةٍ خلت، أي إنّا نرىٰ ظلالاً لماضيها، ومَنْ يدري! فلربَّما عادت لا وجود لها الآن.

وقد أتاحت هذه الوسيلةُ لعلماء الكون حظّاً أوفر مما أُتيح لعلماء الآثار: إذ بإمكاننا والحالة هذه النفاذَ المباشر إلىٰ ماضي الكون؛ كلُّ ما علينا فعله هو النظر بعيداً بدرجةٍ كافية. غير أنَّ هذه الطريقة ذاتها تؤدِّي أيضاً إلىٰ نتيجةٍ سلبية. إنّا بإيغالنا في النظر أبعد فأبعد سوف نصل في نهاية الأمر إلىٰ مسافاتٍ يتعادل فيها زمن النظر في الماضي مع عمر الكون الذي يُقدَّر بـ 15 مليار سنة. ومن الواضح أنه فيما وراء أبعادٍ من رتبة 15 مليار سنةٍ ضوئية سوف يتعذَّر علينا رؤية أيِّ شيء لأنَّ تلك المسافات تُمثِّل حدود أُفقنا الكوني. وليس معنىٰ ذلك أنَّ لا

وجود لعوالم تقع وراء ذلك الأُفق، بل إنَّها لا ريب موجودة، لكنّا لا نستطيع رؤيتها لأنَّ شيئاً من الضوء الذي صدر عنها منذ الانفجار العظيم لم يتسنَّ له الزمن الكافي للوصول إلينا.

وإذا كان الضوء ينتقل بسرعةٍ لا نهائية فليس ثمة وجودٌ لظاهرة الأفق. وبالمثل، إذا كان بإمكان أي شيء الانتقال بسرعةٍ أكبر من سرعة الضوء، ففي وسعنا أن نعلم من مناطق تقع وراء الأفق إصدارَه لأي إشاراتٍ عن طريق القناة التي هي أسرع من الضوء. وأخيراً إذا لم تكن سرعة الضوء ثابتة، وكان بالإمكان تسريع الضوء (بتحريك منبعه مثلاً)، عندئذٍ يكون بمقدورنا رؤية أجرام خارج نطاق الأُفق إذا كانت تتَّجه نحونا بسرعةٍ كافية. إنَّها حقيقة أن سرعةَ الضوء هي ثابتٌ متناهٍ يُمثِّل حدود السرعة الكونية التي تفرض ظاهرة الأُفق علىٰ أيِّ كونٍ ذي عمرٍ مُحدَّد.

إنَّ وجود الآفاق في الكون ليس في حدِّ ذاته مُشكلة، بل إنَّ المشكلة تكمن في بُعد الأفق بُعَيْد الانفجار العظيم مباشرة. فعندما كان عمر الكون سنةً واحدة كان نصف قطر الأُفق سنة ضوئية واحدة فقط. أما عندما كان عمر الكون ثانية واحدة كان نصف قطر الأفق يُقاس بالمسافة التي يقطعها الضوء في ثانية واحدة، وهي نحو 300،000 كيلو متر ـ بُعد الأرض عن القمر. فكلَّما اقتربنا زمنياً من الانفجار العظيم صَغُرَ الأُفق.

إذن يتجزَّأ الكون الوليد إلىٰ مناطق صغيرةٍ جداً لا ترىٰ إحداها الأخرىٰ، وهذا القصور في الرؤية للكون الناشئ هو الذي يُسبِّب لنا إرباكاً، لأنه يحول دون إعطاء تفسير فيزيائي يقوم علىٰ تأثرٍ فيزيائي يُعطي سبباً للمظهر المتجانس للكون علىٰ مثل هذه الامتدادات الشاسعة، إذ كيف يُمكن تفسير ظاهرة تجانُس الكون في إطار نموذج فيزيائي؟ حسناً، تصبح الأجسام متجانسة بصفة عامَّة إذا أُتيح لأجزائها المختلفَة التقارب والاحتكاك لاكتساب سماتٍ مشتركة. فالقهوة والحليب علىٰ سبيل المثال يتجانسان بتحريكهما في الكأس حتى ينتشر الحليب في القهوة تماماً.

إلا أنَّ ظاهرة الأُفق تمنع حدوث عمليةٍ كهذه. إنَّه يُشعِرنا بأنَّ المناطق الشاسعة للكون الرحيب، التي نُلاحظ تجانُسها، لم تكن لتعلم إحداها بالأخرىٰ بادي الرأي، ولم تكن لتتمكَّن من التجانس عن طريق الالتقاء لأنَّها كانت مجهولةً إحداها للأخرىٰ. فطبقاً لنموذج الانفجار العظيم يتعذَّر تفسير تجانس الكون علىٰ كل حال. ويبدو الأمر وكأنَّ تواصلاً تخاطرياً أو إيحائياً قد حدث بين العوالم المنفصلة!

ولا بُدَّ أنَّ شيئاً قد فتح آفاقَ الكون الوليد فتسبَّب في تجانسه مُولِّداً، وبفاعلية، نموذجَ الانفجار العظيم. وسرعان ما نجد أنَّ أحد ألغاز الكون المنبثق عن الانفجار العظيم، وهو لغز تجانُسِه في مقابل ظاهرة الأُفق، يحملنا على أن نستبدل بالمراحل الأولىٰ لنظرية هذا الانفجار شيئاً آخر أكثر أهمية. وتبقىٰ الأبواب مُشرَّعَةً للظنِّ والتأويل.

وقد كان هذا هو عين اللغز الذي أرَّقني في شتاء سنة 1995، عندما كنتُ أعبر الحقول الخلفية لكلية القديس جون. وقد يتراءىٰ اللغزُ سهلَ الحل إلىٰ أن تَشْرَعَ فعلاً بحلّه، فيتحول إلىٰ كابوسٍ حقيقي سامني الخسف وأنا أُحاول الحل. وفيما أنا علىٰ تلك الحال بدأ يُقلقني لغزٌ آخر أكثر مدعاة للحيرة، وهو ما يُسمَّىٰ مشكلة التسطُّح أو التفلطح Flatness Problem ويتصل بديناميكا التوسُّع ومدىٰ علاقة ذلك بـ «شكل» الكون. وأخشىٰ أنَّ هذه المسألة تتطلَّب مني شرحاً أكثر استفاضة.

ترجع هذه القصة إلىٰ أيام أينشتاين عندما راوده الاعتقاد بأنَّ الكون لا بُدَّ أن يكون ساكناً، وذلك قبل أن يُعلِن هَبِل نتائج تجاربه. وفي حين رفض أينشتاين أن يتخلَّىٰ عن تعصُّبه، نجح الفيزيائي الروسي الكسندر فريدمان Alexander Friedmann بحلّ كل المسائل الرياضيّة التي تُثبت لماذا ينبغي أن يكون الكون مُتوسِّعاً وكيف، استناداً إلىٰ ما تمليه نظرية النسبية العامَّة.

فريدمان: ذاك «المستضعَف» الذي جعل الكون يتوسَّع.

إنَّ سرعة مبادرة العلماء الروس إلىٰ ادّعاء الأسبقية في كل اكتشاف يُحرزه الغرب غَدَت محلاً للتندُّر والتفكُّه في المؤتمرات الدولية، حتىٰ إنك لو وقفت تُقدِّم عرضاً لصنابير دورات المياه، فَكُنْ علىٰ يقين من أنَّ شخصاً روسياً من الحاضرين سيصرخ من الصف الخلفي متبجِّحاً بأن المرحاض وملحقاته كلها قد اخترعتْها روسيا حتى قبل أن يعرف الغرب أصلاً بوجود فضلاتٍ تستلزم الكنيف!

ومع ذلك، فالحقُّ أنَّ الروس يكونون أحياناً علىٰ صواب، وعلم الكون مثالٌ علىٰ ذلك. إنَّ الغرب يُحاول فيما يبدو أن يتجاهل الواقع الذي يتمثَّل في أنه بعد أن ارتكب أينشتاين غلطته في أواخر العقد الأول من القرن العشرين، وقبل أن يكتشف هَبِل التوسُّع الكوني في أواخر العقد الثاني من القرن نفسه، تمكَّن الكسندر فريدمان فعلاً من كشف تعقيدات التوسُّع الكوني كما تنبَّأتْ بها نظريةُ النسبية العامَّة، بل إنَّ فريدمان، حسبما يرىٰ زملاؤه الروس، جديرٌ بأن يكون في مستوى كوپرنيكوس، الذي جعل الشمس مركزاً للمنظومة الشمسية، إذ يقف فريدمان خلف انعطافٍ مشابه في الإدراك الكوني يأخذ في اعتباره الكون كظاهرة غير سرمدية التوسُّع.

ولعلَّ شهرة فريدمان كانت ستكون أوسع لو أنه عاش حياةً أقلَّ غنىً بالأحداث، ولو أنه استعمل موهبته التي لا يرقىٰ إليها الشك تقليدياً مألوفاً. إلا أنَّ حياته كانت فريسةً للتاريخ: فقد شهد الاضطرابات السياسية سنة 1905 والحرب العالمية الأولىٰ والثورة الشيوعية وما تلاها من حربٍ أهلية. وفي الوقت الذي كان فيه أينشتاين يضع نظرية النسبية العامة في قالبها النهائي، كتب فريديان إلى صديق له سنة 1915 يشكو عذاباته كما يلي: (كان من الممكن أن تكون حياتي هادئةً مُسْتَقِرَّة لولا أحداثٌ ألمَّت بي، منها انفجار قذيفة شظايا علىٰ بُعد عشرين قدماً مني، وانفجار قنبلةٍ نمسويةٍ علىٰ بُعد نصف قدم انتهت علىٰ خير، وسقوطي علىٰ وجهي ورأسي، الذي أفضىٰ إلىٰ تمزُّق شفتي العليا

وأورثني صداعاً لازباً. لكنَّ المرء قد يعتاد كلَّ هذا، ولا سيما عندما ينظر من حوله فيرىٰ في بلوىٰ غيره ما هو أشقّ عليه ألف مرة من بلواه، فتهون عليه.)

كانت قدرة فريدمان في الرياضيات هي السمة المميّزة له، وقد تجلّت حتىٰ في تلك الأوقات العصيبة في مسائل من قبيل الحسابات المتّصلة بمسارات القنابل التي تُلقىٰ من الطائرات. وكثيراً ما كان يجمع إلىٰ مهنته كخبيرٍ في الطيران براعتَه كربّان اختبارٍ للطائرات.

وقد أورثْته تجاربُ حياته شعوراً عميقاً بالمرارة والخيبة، حتى إنَّ شخصيته الانطوائية المُحبة للابتعاد عن الأضواء كانت إلىٰ حدٍّ ما نتاجاً لشعوره بالخجل من كل الأهوال التي ارتبط بها علمه في التاريخ. ومع ذلك، ففي أحواله الهادئة (والنادرة) أنجز أبحاثاً مُتقدّمةً لافتة ذات تطبيقات سلمية، تناولت ميادين متباينة من مثل: الأرصاد الجويّة وديناميكا السوائل والميكانيك وعلم الطيران وغيرها. بل إنه أصبح رائداً في مجال الطيران بالمناطيد، مُحطِّماً أرقاماً قياسية في بلوغ ارتفاعاتٍ كبيرةٍ في الجو، حيث أجرىٰ علىٰ متنها تجارب علميةً ابتكاريةً تتعلّق بالطب والأرصاد الجوّية بخاصّة.

وكان إلى جانب ذلك يتمتع بطاقةٍ عارمةٍ فريدة، حيث شملت أنشطتُه - في أهدأ مراحل حياته - عبئاً ثقيلاً في مجالات التعليم والإدارة والبحث العلمي؛ فقد أسهم في مجال الإدارة إسهاماً فاعلاً في إنشاء عددٍ من معاهد البحث السوفييتية الحديثة، وانهمك في حملةٍ لجمع الأموال لدفع الرواتب والأجور وإغناء المختبرات والمكتبات. وفي مجال التعليم كثيراً ما كان يضطلع بثلاث وظائف تدريسيةٍ على الأقل في وقتٍ واحد.

وفي سنة 1922، عندما بلغ فريدمان الرابعة والثلاثين من عمره، صرفَ اهتماماته الواسعة كلياً إلى نظرية النسبية، فانكبَّ على دراسة النظرية العامة. وبالنظر إلى أوضاع الحرب آنذاك، ثم حصار الاتحاد السوفييتي، وصلت النسبيةُ العامة إلى روسيا متأخرةً عدة سنوات، وكان فريدمان من أوائل من

درسوا النظريةَ الجديدة هناك وكتبوا عنها باللغة الروسية، فقام بإعداد كتبٍ دراسية ورسائل وكتيِّبات تعرض النظرية الجديدة بأُسلوب ميسَّر للعامة، حريصاً في الوقت نفسه على ألا يفوِّت على الجيل الجديد أياً من التطورات الهامة التي قد تطرأ عليها. وإلى جانب ذلك بدأ بإجراء حساباته الخاصة علىٰ النظرية، لاهياً بتلك الدُّمية التي قدَّمها أينشتاين للفيزيائيين في كل مكان.

هذا ولا يُعرف عن شخصية فريدمان إلا النزر اليسير؛ إنه واحدٌ من أولئك الذين يُعرَفون بأعمالهم ومنجزاتهم. ومع أنّا لا نملك أن نزعم فهماً كاملاً لمنطقه أو أُسلوب تفكيره، فليس ثمة شك في أنه لا يُشارك أينشتاين مظاهر تعصُّبه الكوني. فعندما طبَّق معادلات النسبية العامة علىٰ الكون كلِّه جملةً واحدة وحصل على كونٍ متوسِّع، لم يجفل وينسحب مذعوراً، بل قَبِلَ النتيجةَ بظاهر معناها ـ أن لا تغيير في الثابت الكوني ـ وفي سنة 1922 نَشَرَ نتائج أبحاثه في مجلةٍ دوريةٍ ألمانية، وبذا يكون قد تنبّأ بالكون المتوسِّع قبل أن تحكم أرصادُ هَبِل به.

غير أنَّ ما نشره فريدمان أزعج أينشتاين إلى حدٍّ بعيد، وأدىٰ إلىٰ انعطافٍ آخر استفحلتْ معه مسألةُ الثابت الكوني لدىٰ أينشتاين الذي كان يؤمِّل آنذاك أن يكون لمعادلته الحقلية حلٌّ وحيدٌ لا ثاني له، ذلك هو كونه الساكن الذي قد ينادىٰ به على أنه الرابح تلقائياً استناداً إلى أُسس نظرية محضة يُستغنىٰ بها عن الأرصاد الفلكية المزعجة. وكان يؤمن بأنَّ الحلول الأخرى المُحْتَمَلة لا بُدَّ أن يثبت عدم تساوقها مع معادلة حقله لسببٍ أو لآخر. لهذا شعرَ أينشتاين لدىٰ قراءته مقالة فريدمان أنَّ النتائج الواردة فيها ليست بعيدةً عن حقيقة الكون فحسب، بل إنها خاطئة من الناحية الرياضية أيضاً.

وهكذا قام أينشتاين بعد بضعة أسابيع، وخلافاً لطبيعته، بنشر مقالٍ عدائيٍّ قاسٍ في المجلَّة نفسها، يُهاجم فيه عمل فريدمان، وكان مما كتبه: «تبدو لي النتائجُ التي انتهىٰ إليها فريدمان في مقالته المتعلقة بعدم سكون الكون أنها

موضع شبهة، فقد ظهر لي أنَّ الحلَّ الذي قدَّمه لا يفي بمتطلبات المعادلات الحقلية.»

ولا شك في أنَّ فريدمان، شأنَ كل الناس، كان يحترم أينشتاين، وآلمه كثيراً ما كتبه عنه. ولعلَّ إحساسه بأنَّ حدثاً شديد الخطر يوشك أن يقع دفعه إلىٰ إعادة حساباته بدقةٍ مراراً وتكراراً، متسائلاً: هل عساه ارتكب غلطةً حمقاء كهذه فعلاً؟ وأخيراً كان علىٰ فريدمان أن يقبل ما لا يمكن تصديقه: لقد كان أينشتاين العظيم علىٰ خطأ وحسابات فريدمان الأولىٰ صواباً. فكتب إلىٰ أينشتاين رسالةً مهَّذبةً يوضِّح له فيها حساباته ويشير إلى الموضع الذي كان يظن أنَّ أينشتاين قد كبا فيه. كانت مجرَّد غلطة جبرية بسيطة أدركها من فوره، ثم تراجع ـ ربما بشيءٍ من الحرج ـ عن مقالته العدائية القاسية التي كتبها آنفاً. ولا ريب في أنه كان مُحبَطاً جداً، لا بسبب غلطته، بل لأنَّ معادلته لا توفِّر حلاً وحيداً للكون وفقاً لأغلىٰ ما يتمسك به من معتقدات.

وبكل لباقة أقرَّ أينشتاين بخطئه في رسالةٍ تراجُعِه: «في رسالتي السابقة بدرَ مني انتقاد [العمل فريدمان]. على أنَّ انتقادي. . . كان يقوم علىٰ أساس غلطةٍ في حساباتي. وإني أرىٰ الآن أنَّ نتائج السيد فريدمان صحيحة، وتلقي ضوءاً جديداً، وتُظهِر أنَّ هناك حلولاً تتناول تفاوت الزمن إضافة إلى الحل السكوني.» ومع ذلك فإنك تستطيع أن تستبين في مخطوطة الكتاب عبارةً مشطوبة تقول: «ليس ثمة أهمية فيزيائية تذكر لهذه الحلول.»

ومن الواضح أنَّ أينشتاين كان بودّه أن يضيف تلك العبارة الأخيرة إلىٰ رسالته، لكنه أدرك أنَّ لا دليل لديه يعضدها، فآثر السلامة.

تُعدُّ مقالات فريدمان ذات قيمةٍ بحثيةٍ متميِّزة، وأرىٰ أن أتناولها هاهنا بشيءٍ من الاستفاضة، باعتبار أنها تُحدِّد النموذجَ الأساسي للكون، وهو النموذج الذي يتَّخذه علماء الكون ـ وأنا منهم ـ معياراً يبنون عليه وينسجون على منواله. وهي كذلك تؤلِّف أساسَ لغز التسطُّح أو التفلطح. ويعرض

فريدمان ثلاثة أنماطٍ من النماذج هي: النماذج المغلقة أو الكروية closed or spherical models، والفضاءات المفتوحة أو شبه الكروية open or pseudospherical spaces، والأكوان المسطحة flat universes. وهذه التعابير تصف شكل الفضاء الذي هو النسيج الأساسي للكون. ثم يُثبت استناداً إلى النسبية العامة ـ وبشرط عدم العبث باللامدا ـ أنَّ هذه النماذج كلَّها لا بدَّ أن تكون في حالة توسُّع، وفي ذلك تنبُّؤ صريح بنتائج أبحاث هَبِل.

إنَّ اكتشافات هَبِل في حد ذاتها ما كان لها أن تحمل معنىً كبيراً دون مقالات فريدمان. وصحيحٌ ما يُقال أحياناً من أنَّ علينا ألاّ نؤمن بنظريةٍ ما لم تثبتها التجربة، إلا أنَّ عالِم فلكٍ مشهوراً قال أيضاً ـ وقولُه حق ـ إنَّ علينا ألاّ نؤمن لرصدٍ ما لم تؤيِّده نظرية، وقد وفَّرت دراساتُ فريدمان مثل هذه النظرية قبل نحو عشر سنوات من ظهور نتائج أبحاث هَبِل.

يبدأ فريدمان بتوضيح فكرة التوسُّع الكوني، مرسياً التفسيرَ الذي نعتمده اليوم، ومستبعداً عدداً من المفارقات التي قد تبرز في النظرية من نواحٍ أخرىٰ. ويُبرهن علىٰ أنَّ هذا التوسُّع إنما هو أثرٌ هندسيٌّ أكثر منه حركة ميكانيكية كما نتصوَّر. ولا بدَّ لي هنا من الاعتراف بأني كنتُ أتظاهر حتىٰ الآن بقبول هذا التفسير المغلوط، لكني سأُحاول الآن أن أشرح بدقّةٍ المعنىٰ الحقيقي للتوسُّع وفقاً لما تمليه نظرية النسبية.

إنَّ مكوّنات السائل الكوني (أي المجرّات) بحسب الصورة النسبية للتوسُّع مغلّفةٌ بالفضاء، فهي لا تتحرك بالنسبة إلىٰ الفضاء، بل إنَّ الفضاء نفسَه في حالة حركة؛ فهو يتوسَّع باطِّراد مولِّداً بمرور الزمن مزيداً من الفراغ بين أي نقطتين. ولهذا فإنَّ المسافة بين أي مجرَّتين يتزايد مع الزمن، مسبباً التوهُّم بحدوث حركة ميكانيكية. وحقيقة الأمر أنَّ المجرات تتلبَّث مستشرفةً مشهد الكون وهو يوسِّع الفراغ فيما بينها أكثر فأكثر. قد تبدو هذه النقطة دقيقة، ولكن حاوِلْ أن تتمثَّلها، فهي مصدر كثير من سوء الفهم في علم الكون.

ولتمثيل ذلك تصوَّرْ أرضاً افتراضية سكانها حبيسون علىٰ سطحها لا يستطيعون معاينتها من الفضاء. تصوَّر الآن هذا السطحَ متمدِّداً نحو الخارج، في حين يبقىٰ الفضاء الخارجي بعيداً عن متناول السكان. فإذا نظرنا إلى المدن المنثورة على سطح تلك الأرض المتوسِّعة أدركنا أنها في الواقع لا تتحرَّك، ومع ذلك تتزايد المسافات فيما بينها، إذ ليس للمدن أرجلٌ تتحرك بها، بل إنَّ ديناميكا الفضاء الذي توجد فيه المدن تولِّد ـ بطريقة ما ـ شعوراً خادعاً بالحركة، يُحدِثه تبدّل المسافات.

هذه النقطةُ الدقيقة أساسيةٌ لإبقاء النظرية متساوقةً مع نفسها، إذ لو كان التوسُّع الكوني حركةً حقيقية لوقعنا في مفارقات؛ فعلىٰ سبيل المثال ينصّ قانون هَبِل علىٰ أنَّ سرعة انحسار المجرَّات تتناسب مع بُعدها. فلو كانت السرعةُ حقيقيةً تعبِّر عن حركةٍ قياسية في إطار فراغٍ نيوتنيّ ثابت، لاستطعنا أن نجد بعداً يحدث الانحسارُ وراءه بسرعة تفوق سرعةَ الضوء.

والواقع أنَّ سرعة المجرّات كافةً معدومةٌ بالنسبة إلى الفضاء الذي يحويها، بما يشبه كثيراً تلك المدن الوهمية الموجودة على أرضٍ تتوسَّع. علىٰ أنَّ البُعد بين المجرَّات يتزايد مع الزمن بمعدل قد يفوق سرعةَ الضوء إذا توخَّيْتَ مجرات ذات بُعدٍ مناسب. وليس ثمة أي تناقضٍ بين الفكرتيْن المذكورتيْن آنفاً، وليس ثمة أي مفارقة أو تضارب مع نظرية النسبية الخاصة.

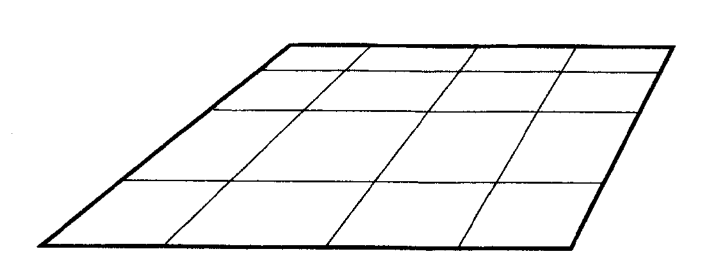
ومع ذلك يمكن فهم قانون هَبِل في ضوء فكرة فريدمان، ومؤداها أنّا نعيش في كون متوسِّع صِيغَ علىٰ صورة فضاء تتضاعف المسافاتُ فيه بضربها في عدد سمَّاه عامل التوسُّع expansion factor scale factor أو عامل سلَّم القياس scale factor. وهذا العدد دائم التزايد بمرور الزمن؛ وبذلك يعبِّر عن التوسُّع الهندسي. ولما كانت كل الأبعاد تُضْرَب في هذا العامل، اقتضىٰ ذلك تعاظماً في الزيادة كلما بَعُدت المسافة. وما كان لهذا ليحدث لو أنّا أضفنا عدداً لكل المسافات؛ إلا أنَّ التوسُّع بدلاً من ذلك يُضاعِف كل مسافة، فكلَّما بَعُدت المسافةُ تعاظَمَ تزايدُها بمرور الزمن.

ونتيجة لذلك، وبالرجوع إلىٰ الصورة التي رسمها هَبِل في وصف التوسُّع كحركةٍ حقيقية ضمن فضاءٍ ذي خلفية ثابتة، تبدو سرعة الحركة متناسبةً مع المسافة، أي مع قانون هَبِل. غير أنَّ تصوُّر فريدمان أكثرُ تعقيداً من ذلك بكثير؛ فهو يُبيِّن أنَّ الحركة نحو الخارج، التي لحظها هَبِل أخيراً، ليس لها مركز، حيث يتوهَّم أيُّ راصدٍ أنه هو مركز اندفاعٍ باتجاه الخارج، علىٰ نحوٍ يفي بقانون هَبِل، لأنَّ كامل الفضاء في واقع الأمر في حالة تمدُّدٍ مستمر، وبالمعدل نفسه في كلِّ مكان.

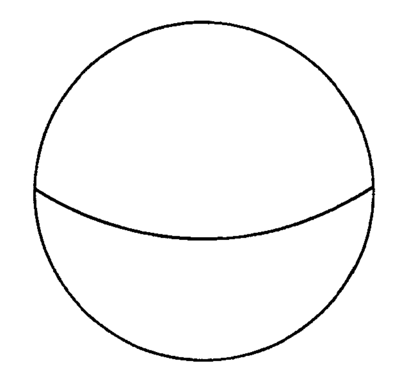
أمَّا وقد وصل فريدمان إلى هذه النقطة الحاسمة، فقد افترض ـ كما فعل أينشتاين ـ أنَّ السائل الكونيَّ متجانس التكوين، أي أنَّ مظهره واحد وخصائصه واحدة لا تتغيَّر في كل أرجائه. وقد جرىٰ ذلك من منطلق الحَدْس والملاءمة الرياضية، لا علىٰ أساس معطياتٍ علمية. ولا يغيب عن ذهنك أنَّ هذه التطوُّرات قد سبقت اكتشافات هَبِل بسنوات. ولكي نكون أكثر دقةً تاريخية نقول إنَّ المنظور الذي استمدَّ منه أينشتاين وفريدمان هو منظورُ سائلٍ متجانس من النجوم لا من المجرَّات، التي لم يكونا يعرفان شيئاً عنها. وبمحض أعجوبة اختارا الافتراض الصحيح برغم أنَّ المكوّنات كانت خاطئة.

إنَّ افتراض التجانس يختصر جداً عدد الزمكانات التي يمكن استعمالها لوصف شكل الكون. فإذا كانت المادة تولِّد تقوُّساً، وإذا كانت كثافةُ السائل الكوني واحدةً في كل مكان، فإنَّ تقوُّس الكون لا بدَّ أن يكون واحداً أيضاً في كل مكان. وهذا يَستبعد الأشكالَ الشاذة التقوس؛ فلا يمكن أن يَتخذ الكونُ شكلَ فيلٍ مثلاً، لأنَّ هذا الشكل يفتقر إلىٰ التجانس تماماً. ويبقىٰ أمامنا في الواقع ثلاثة احتمالات واضحة لا أكثر.

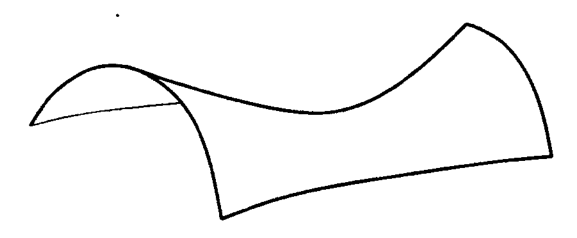
أوَّل هذه الاحتمالات وأبسطها هو نموذج فضاء ثلاثي الأبعاد ليس فيه تقوُّس علىٰ الإطلاق، أي هو فضاء إقليدي. ولكي أعينك على تصوُّر الحالات الأخرى فقد رسمت لك في الشكل a1.5 نظيراً ثنائي الأبعاد لجسم حقيقي



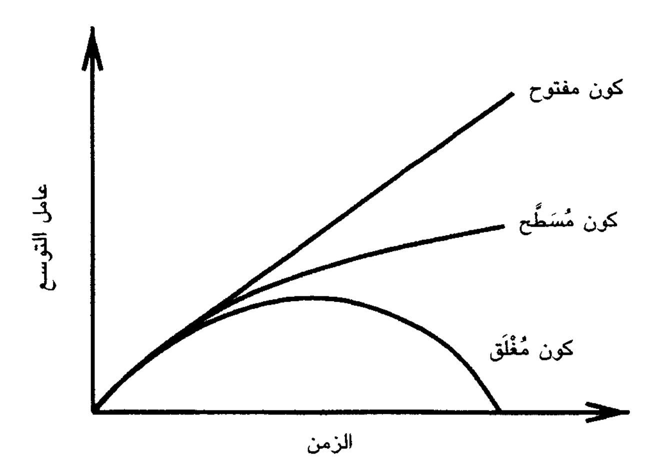
شكل a1.5. سطح مستوٍ.



شكل b1.5. كرة.



شكل c1.5. جزء من كرة مفرطة hypersphere. تكون الكرة المفرطة في الواقع لا نهائية وتبدو وقد اتخذت شكلاً سَرْجِياً.



شكل 2.5 تطوُّر عامل التوسُّع في كونٍ مُسَطَّحٍ ومُغْلَقٍ ومفتوح. تتوسَّع النماذج المغلقة إلىٰ أقصىٰ حدودها. ثم تتقلَّص وتندثر في انكماش عظيم. تبدأ النماذج المفتوحة بالتوسُّع دون تباطؤ وكأنَّ قوَّة الثقالة قد توقَّفَتْ كلياً، ثم إنها في النهاية تفلت من قوَّة ثقالتها وتستحيل إلىٰ عوالم خاوية. ولا تسلم من هذا المآل المفرِط سوىٰ النماذج المسطَّحة فقط.

ثلاثي الأبعاد هو صفحة مسطحة لانهائية. وقد تستغرب أن يكون هذا السطح المنبسط احتمالاً ممكناً في حد ذاته، ولا سيما إذا عرفتَ أنَّ المادَّة تولِّد تقوُّساً. ولكن عليك أن تتذكر دوماً أنَّ ما تقوِّسه المادةُ هو الزمكان، ونحن لم نتعرض بَعدُ للجانب الزماني من قصة هذا الكون.

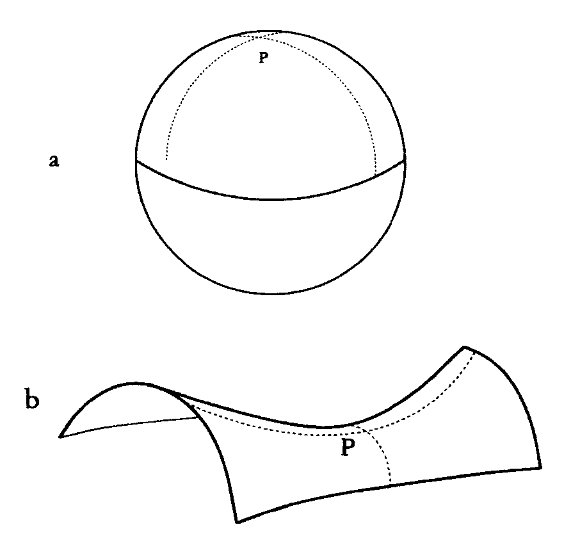
ولهذه الغاية بيّن فريدمان أنَّ كلّ الأبعاد علىٰ هذه الصفحة يجب ضربها في عامل توسُّع الكون الذي مضت الإشارة إليه، وهذا العامل قابل للتغيُّر مع الزمن، وبذلك يمكن وصف الديناميكا الزمانية لمثل هذا الكون، علماً بأنَّ ما يحدِّد النموذجَ الزمكاني المناسب هو جملة السطح المستوي إضافة إلى عامل توسّعه المعتمِد علىٰ الزمن. وتقضي معادلات أينشتاين الحقلية أن يكون النموذجُ الزمكاني مقوّساً بفعل المادة. وعندما طبّق فريدمان هذه الهندسةَ على معادلة الحقل وجد أنَّ عامل التوسع مقوَّس فعلاً. وقد رسمتُ في الشكل 2.5

عاملَ التوسُّع لهذا الكون. لاحِظْ أنَّ هذا العامل يتزايد مع الزمن، ولكن معدل التزايد يتباطأ في ظاهرة يمكن عزوها إلى تقوُّس الزمكان. وسنرىٰ بعد قليل أنَّ مصير هذا الكون فريد. لاحظ أيضاً من الشكل 2.5 أنه في حالة توسعٍ أبدي، مُتباطئاً تدريجياً في حركته دون أن يتوقف تماماً.

أما النموذجان الآخران للفضاء المتجانس فهما أكثر تعقيداً، ويتمثَّل أحدهما في الكرة sphere(*)، وهي تتميّز أيضاً بالتقوُّس نفسه في كل مكان، ويسهل عليك تصوُّرها، ولكن لا تنسَ أنّا نتكلم عن الكرة الثلاثية الأبعاد وليس عن نظيرتها الثنائية الأبعاد. وقد رسمتُ لك نموذجَ ميكي ماوس في الشكل b1.5: فإن استطعتَ أن تتخيَّل الشكل الحقيقي فقد أفلحتَ وهنيئاً لك، أما أنا فلا أستطيع. لكن ذلك لم يمنعني قط من البحث في الكرات الثلاثية الأبعاد، وتلك هي مزية الرياضيات: إنها تمكننا من التعامل مع أمور تعجز عقولنا عن استيعابها.

وإذا وجدتَ الكراتِ الثلاثيةَ الأبعاد صعبةَ الفهم، فإنَّ النمط الثالث من نماذج الفضاء المتجانس هو أدهىٰ وأمرّ، ويسمىٰ نموذج شبه الكرة pseudosphere أو الكون المفتوح open universe، وقد رُسم جزءٌ من نظيره الثنائي الأبعاد في الشكل c1.5؛ أما النموذج كاملاً فهو في الواقع لانهائي ويبدو مظهره كسرج حصان لامتناه. ولمساعدتك علىٰ استكشاف معنىٰ شبه الكرة، فقد اتبعتُ أُسلوباً في الشكل 3.5 فَصَلتُ فيه مقاطع من كرات وأشباه كرات في اتجاهين متعامدين، فحصلتُ من الكرة على دائرة في كلٍّ من الاتجاهين؛ ولهذا السبب فإنا نقول في بعض الأحيان (خطأً) إنَّ الكرة هي نتاج دائرتين. ومثل ذلك يحدث في حالة شبه الكرة، سوىٰ أنَّ الخطَّين يتقوَّسان باتجاهين متخالفين. ولهذا نقول إنَّ لشبه الكرة تقوُّساً سلبياً negative curvature وللكرة

(*) غالباً ما يقصد العلماء بالكرة سطحَها فقط، وهو بالطبع ثنائيُّ الأبعاد في الكرات النظامية.



شكل 3.5 (a) إنَّ قص مقطَعَيْن عبر أي نقطة (p) في كرة يولِّد دائرتين تتقوَّسان باتجاه واحد (هنا يتَّجه تقوُّس الكرتين كلتيهما نحو الأسفل). (b) إجراء العمليَّة نفسها علىٰ شبه كرة يولِّد دائرتين تتقوَّسان باتجاهين متعاكسين (هنا تتقوَّس إحداهما نحو الأعلىٰ والأخرىٰ نحو الأسفل.)

القياسية المألوفة تقوُّساً إيجابياً positive curvature. ويكون الفضاء متناهياً (ككرة) أو لامتناهياً (كشبه كرة) تبعاً لإضافة هذا التحوير أو عدمه.

ولشرح آلية اتحاد هذين السطحين الفراغيين الأخيرين بالزمن لتوليد الزمكان، علينا أيضاً ضرب كل الأبعاد الموجودة عليهما في عامل توسُّع قد يتوقَّف علىٰ الزمن. وعندما قام فريدمان بإدخال هذه الطرائق الهندسية في معادلة أينشتاين الحقلية ودرس تاريخ عامل توسُّعها، خلص إلىٰ أنَّ هذه الفضاءات تنتظرها مصائر غير مُسْتَحَبَّة، مقارنة بالنموذج المسطَّح الذي تقدَّم ذكره. وقد وجد أنَّ الكون الكروي يتوسَّع بسبب انفجار عظيم، لكنه يتوقف في النهاية ويبدأ بالتقلُّص شيئاً فشيئاً إلىٰ أن يندثر في انكماش عظيم. والأمر خلاف

ذلك تماماً في حالة الكون شبه الكروي، فهو يتوسّع انطلاقاً من انفجارٍ عظيم ولا يتوقف عن التوسُّع أبداً، إلا أنَّ توسُّعه ـ خلافاً للنموذج المسطح ـ لا يتباطأ أبد الدهر، بل يلتزم بعد زمنٍ سرعةً ثابتة. ويُبيِّن الشكل 2.5 التطور الزمني لعامل التوسُّع كما بدا لفريدمان في النماذج الكونية الثلاثة المحتملة.

وقد رأينا هذا التناقض من قبل، وهو يُمثِّل التوتُّر الذي سبق وناقشناه: تنازُعٌ بين التوسُّع وجذب قوة الثقالة؛ أو تضخُّم الفضاء نحو الخارج في مقابل قوة الثقالة التي تجذب كل شيء ليتماسك من جديد. ففي النموذج المغلق أو الكروي تطغى الثقالةُ في النهاية على التوسُّع. ويستمر التوسُّع، متباطئاً دوماً بفعل الثقالة، إلىٰ أن يتوقَّف أخيراً، متعجِّلاً ارتصاصَ الكون وتقلُّصه أسرع فأسرع، وصولاً به إلىٰ مآله الأخير من الانكماش. أما في النموذج المفتوح أو شبه الكروي فيسود التوسُّع، فيُفْلِت الكونُ أخيراً من قوة ثقالته، وتبقىٰ الثقالة، إلىٰ حين، قويةً بما يكفي لتُبطئ التوسع؛ إلا أنَّ هذا الأخير يصبح في النهاية سريعاً جداً، أو ــ بنظرة أخرىٰ ــ يغدو كلّ شيء ضعيفاً إلىٰ حدٍّ تنتفي معه أية فاعلية للثقالة. من أجل ذلك يتوقَّف التوسُّع عن التباطؤ، مستهلاً مرحلة يكون الكون فيها قد «انفلتَ من نفسه» إلى سيرورةٍ من الخواء.

وفيما بين هذين النموذجين يقع النموذج المسطَّح ـ وهو حلٌّ وسط بريطاني النزعة ـ حيث تنشأ علاقة معتدلة بين قوَّتي التوسُّع والثقالة. فالتوسُّع لا يمكن أن يُحرِّر نفسَه من سلطان الثقالة، لكن الثقالة بدورها لا يمكن أن تفضي بالتوسُّع إلىٰ التوقُّف والارتصاص. وهكذا يستمر الكون بالتوسُّع إلىٰ الأبد علىٰ نحو هادئ ومتزن، فلا يفسح المجالَ لهيمنة الثقالة المؤدية إلىٰ انفجار داخلي كارثي، كما لا يُمعن في التمدُّد غير المكبوح المؤدِّي إلى الخواء.

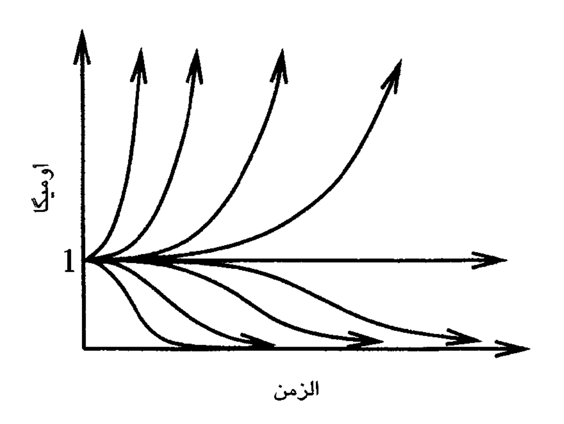
إنَّ سمة طول العمر المميَّزةَ للنماذج المسطحة قضيةٌ مهمة جداً، لأنَّ هذا النوع من الأكوان وحده يطول به العمر إلىٰ درجة تتيح للمادة التكتُّل لتكوين المجرَّات والنجوم، ولمقاييس الزمن الهائلة بتوليد بنىٰ الحياة؛ فلا نستطيع

تسريع العملية البطيئة التي تبني الذكاءَ بالاصطفاء الطبيعي، وفي صنف واحد فقط من النماذج نستطيع أن نجد الوقت الكافي بمنأىٰ عن خطر حدوث أي كارثة كونية.

والمشكلة هي أنَّ التسطُّح بطبيعته غير مستقر، ويعتمد علىٰ الضبط المتقلقِل لقوتَيْ الحركة والثقالة في الكون، وهذا ينطوي علىٰ أثرٍ إعجازي خارق لاجتناب حدوث كارثتيْن كونيّتيْن؛ إنَّ أقل انحراف عن التسطُّح والزمكان سرعان ما يتسبَّب في انغلاق الكون علىٰ نفسه أو تحوله إلىٰ شكل سرجي خاوٍ، وفي كلا الحاليْن يكون مندفعاً نحو الاندثار بفعل عدم التوازن. وقد يُتوَهَّم أنَّ الكون ربما كان يجترح الخوارق (كأنه يتحرَّك علىٰ حبل البهلوان) علىٰ مدىٰ الـ 15 مليار سنة الماضية، وهذا أمر بعيد الاحتمال إن لم نقل إنه مستحيل. وتعرف هذه بمشكلة التسطُّح flatness problem، ثانية ألغاز الانفجار العظيم، التي حيّرت عقول علماء الكون منذ أن كشف فريدمان النقاب عن مشاهد علم الكون النسبي.

ومن التوصيفات الممكنة لهذه المشكلة عددٌ يسمى أوميگا Omega (نسبة إلىٰ الحرف اليوناني ω، Ω)، ويمثِّل علىٰ وجه التقريب النسبةَ بين الطاقة التثاقلية للكون والطاقة التي تحتوي عليها حركتُه نحو الخارج. ولما كان للكون المسطَّح مقداران متساويان من كلتيهما في كل الأوقات كانت قيمةُ أوميگا مساويةً للواحد، في حين أنَّ قيمة أوميگا في النموذج المغلق أكبر من الواحد لأنَّ طاقته التثاقلية أكبر من طاقته الحركية، وقيمتها في النموذج المفتوح أصغر من الواحد.

يكافئ هذه الطريقة في التعبير عن أوميگا، في حالة سرعة توسُّع معلومة، تحديد قيمة كثافة المادة التي تولِّد مقداراً من الطاقة التثاقلية يُعادل طاقةَ التوسع تماماً. هذه الكثافةُ تدعىٰ الكثافةَ الحرجة critical density محاكاةً ساخرة للأسلحة النووية، وهي الكثافة اللازمة لإبقاء أوميگا مساوياً للواحد، أي



شكل 4.5 عدم استقرار كونٍ تكون فيه قيمة أوميگا مُساوية الواحد. إنَّ أيَّ تحوُّل عن كونٍ مُسطَّح يتطوَّر بسرعة إلىٰ انحرافات أكبر فأكبر.

للتسطُّح. فإذا تجاوزت الكثافةُ الكونية الكثافةَ الحرجة طغت قوةُ الثقالة في خاتمة المطاف، وذلك يعني أن نعيش في نموذج مغلق. وإذا وجدنا أنفسنا في كونٍ كثافتُه أدنىٰ من القيمة الحرجة، أدركنا أنه سينفلتُ من نفسه في انفجار لا تحكمه الثقالة، وذلك يعني أنّا نعيش في نموذج مفتوح. ولا عجب في أنَّ أوميگا قد يُكتب علىٰ أنه النسبة بين الكثافة الكونية الفعلية والكثافة الحرجة، وتعبِّر قيمتُه عن الحالة الحاضرة لهذا الصراع الهائل.

إنَّ ما يجعل مشكلة التسطُّح علىٰ هذه الدرجة من الصعوبة هو أنه مع توسُّع الكون، فإنَّ أي انحرافات عن أوميگا المساوي للواحد تتزايد تزايداً مثيراً، وهذا ما بيّنتُه في الشكل 4.5. ففي حالة نموذجٍ مسطَّح تكون قيمة أوميگا مُساوية الواحد دوماً، ولكن لو سُجِّلت أثارةٌ من زيادةٍ لأحد نوعَي الطاقة علىٰ حساب النوع الآخر، أي لو حصل انحرافٌ طفيف للكثافة الكونية عن الكثافة الحرجة، لساءت الأمور بسرعة قياسية.

يذكر آلن گوث، رائد فكرة الكون الانفجاري التوسُّع، أنَّ هذه المشكلة

بالذات استوقفته واستحوذت على تفكيره طوال الأشهر التي سبقت اكتشافه العظيم. ففي بداية الثلاثينيات من عمره، وفي مرحلة مهمة من حياته المهنية، لم يكن ليعير اهتماماً لعلم الكون من قريب أو بعيد، بل كان هذا العلم في حد ذاته فرعاً من الفيزياء لا يحظىٰ باهتمام الناس ولا احترامهم، ويُنظر إليه علىٰ أنه محاولةٌ علمية عقيمة يجدر بالدارسين غير المحترفين أن يجتنبوها اجتنابَهم لكل مكروه، وأن يتركوا الخوضَ فيها للجيل الأقدم من العلماء أصحاب العقول السقيمة(*).

كان گوث يتعرَّض لضغوط تحضُّه علىٰ نشر موضوعات أقرب ما تكون إلىٰ الاتجاه السائد آنذاك، لولا أنَّ ظروفاً حملته علىٰ حضور مناظرة في كورنيل Cornell للفيزيائي الذائع الصيت روبرت ديك Robert Dicke حول مشكلة التسطُّح.

وقد فاجأ ديك مستمعيه باستعمال أرقام لشرح المسألة، فدلَّل علىٰ أنَّ قيمة أوميگا عندما كان عمر الكون ثانية واحدة كانت تقع بين 0.99999999999999999 و1.00000000000000001. فلو حادت قيمة أوميگا عن الواحد بما يتجاوز هذا القدر لأفضىٰ هذا القدر إلىٰ انكماش أو إلىٰ خواء مَحَقَ الكون منذ زمن طويل، ولما كنا هنا لنناقش هذه القضية الفلسفية المهمَّة. وقد وقعت هذه الملاحظة في نفس گوث حتىٰ إنها حوَّلت وجهة تفكيره، وعجّلت في صوغ نظرية التوسُّع الانفجاري. تُرىٰ كيف انضبط أوميگا إلىٰ هذه الدرجة من الدقة؟

علىٰ أنَّ اختيار ديك للثانية الأولىٰ من عمر الكون لم يأتِ من فراغ؛ لأنَّ من الافتراضات التي يُعوَّل عليها في الحسابات التي تُصوِّر عدم استقرار التسطُّح

(*) من المفارقات اليوم، في الوقت الذي لم تعد الكونيات تُعتَبَر علماً عقيماً، أن تجد أنَّ أولئك العلماء من الجيل الأقدم هم وحدهم الذين يرفعون الراية القائلة إنَّ علم الكون ليس إلا مضيعة للوقت. وهذا من أغرب المفارقات الاجتماعية.

أنَّ الكون لو لم يكن في توسُّع دائم لما حادت قيمة أوميگا عن الواحد. وقد أدرك ديك تماماً أنّا نملك الدليل الرصديَّ علىٰ أنَّ الكون في حالة توسُّعٍ فعلاً، طبقاً لنظرية فريدمان، منذ أن كان عمره ثانية واحدة(*).

أما قبل الثانية الأولىٰ فليس لدينا أيُّ دليلٍ مباشر لكونٍ متوسِّع، بل مجرَّد محاكمات نظرية لا أكثر. ونعتقد أنَّ النسبية العامة قابلة للتطبيق قبل هذا الزمن، فنستطيع والحالة هذه أن نستنتج أنَّ الكون لا بدّ أنه في حالة توسُّع. ولئن كنّا لا نملك الدليلَ القاطع علىٰ ذلك، فليس لدينا من الأسباب الوجيهة ما يجعلنا نعتقد بغيره.

ومع ذلك فإنَّ ثمة برهةً في الماضي نعلم نحن اليوم أنَّ النسبية العامة لا بد أن تنهار حيالها، وتسمَّىٰ أُوَيْنة پلانْك planck time، وهي برهةٌ خاطفة بالغة الدقة من الثانية. إنّا نحيا في عالَم كمومي خاضع لتقلُّبات عشوائية. ومن المؤسف أنّا لا نملك نظريةً في الثقالة الكمومية تتنبأ بآلية تأثير التقلُّبات الكمومية في الظواهر التثاقلية مثل حركة القمر حول الأرض، إلا أنَّ بمقدورنا تقدير حجم هذه التقلُّبات، فنجد أنها دوماً طفيفةٌ لا يُعتدّ بها في مسائل من قبيل مسارات الصواريخ والكواكب. إذن فنحن لا نملك نظرية في الثقالة الكمومية، ولسنا بحاجة إلى مثل تلك النظرية أصلاً.

والاستثناء الوحيد المؤسف هو التوسُّع الكوني قبل أُوينة پلانك. ففي البواكير الأولى كان التوسُّع ـ كما تتنبّأ به نظرية النسبية ـ سريعاً بحيث يتعذَّر معه إهمال التقلبات الكمومية وفقاً لأمثل تقديرات حجمها. وبالطبع لا تتوفَّر لنا وسيلةٌ مباشرة للنفاذ إلى تلك الآونة من حياة الكون، ولا نستطيع الجزم بأهمية

(*) هذا الدليل قد يستغرق شرحه كتاباً آخر، إلا أنه باختصار يتصل بالأسلوب الذي يَصطنع الكونُ فيه عناصرَ أثقل من الهيدروجين في قنبلة هيدروجينية بدائية. ويُفترض أن تكون القنبلة زائفةً لا تنفجر ـ خلافاً للأرصاد العملية ـ ما لم يكن الكونُ في توسُّع (حسب فريدمان) منذ الثانية الأولىٰ من عمره.

هذه التقلُّبات. إلا أنّا، من الناحية الأخرىٰ، لا نملك أن نضمن إمكان الاعتماد علىٰ أي نتائج تتحصَّل دون وجود نظرية كاملة للثقالة الكمومية. وستَظهر هذه المحاكمة في مراحل كثيرة من هذا الكتاب. إنَّ المدة المسمَّاة بحقبة پلانك، السابقة لأوينة پلانك، هي بمنزلة صندوق أسود في عمر الكون فيما يتصل بنظرياتنا، فلا يمكننا أن نجزم بحدوث أي شيء في ذلك الماضي المتّسم بالغموض.

ليس بإمكاننا، بنوع خاص، أن نجزم بأنَّ الكون كان في حالة تمدُّد في أثناء حقبة پلانك؛ كل ما نعرفه هو أنه يتحرك على «حبل بهلوان» التسطُّح منذئذٍ. ولكن بالنظر إلىٰ أنَّ لدينا ما يسوِّغ اعتقادنا بأنَّ الكون يتوسَّع منذ حقبة پلانك، فما هي القيم التي بلغها أوميگا آنذاك حتىٰ جعل الكون يستمر حتىٰ اليوم؟ لقد وُجد أنَّ قيمة أوميگا لا بد أنها كانت تقع ما بين (64 من التسعات) 999.9,. . . . . .0 و1 (63 من الأصفار) 000,. . . . .1 وهذا قريب جداً من الواحد.

ولعلّي أكون موفَّقاً في التعبير عن نفسي عندما أقول إنَّ عليك توخِّي السداد في استنباط الحالة الابتدائية للانفجار العظيم، بحيث يتوجَّه اختيارك فيها إلى أعداد منتقاة بدقة عالية ـ بل وأكثر من ذلك، أن تُجري ذلك يدوياً ـ للحصول علىٰ نتيجة معقولة. لماذا كانت قيمة أوميگا مثلاً قريبة من الواحد؟ وهل يمكن أن تساوي الواحد تماماً؟ ولماذا في كلتا الحالتين؟ ما هي الآلية المفْضِية إلىٰ توليد تلك القيم المختارة لأوميگا بدرجة عالية من الدقَّة التي يتفادىٰ معها وقوع كارثة؟ إنَّ نموذج الانفجار العظيم لا يقدِّم لك أيَّ إجابة عن هذه التساؤلات وغيرها، ولا يعطيك أكثر من سلسلةٍ من الاحتمالات والإمكانات التي تتيح اختيار كونٍ يحمل القيمة الصحيحة لأوميگا وصولاً إلى نموذج يُعبّر تماماً عن العامل الذي نحيا فيه. مع العلم بأنك لو اخترت نموذجاً آخر ينحرف قليلاً إلىٰ أي طرف لانتهيتَ إلىٰ نتيجة فادحة الخطأ.

إنك لم تستعِنْ في اختيارك بأي مبدأ نظري، سوىٰ برغبتك في تنظيم المعطيات. ولو كان اختيارك للقيمة الأولية لأوميگا بمحض المصادفة لما كان بالإمكان أن ينتهي قط إلىٰ ما انتهىٰ إليه، فذلك يشبه ربح جائزة اليانصيب عشر مرات متوالية! وقد بدأ العلماء يشعرون فعلاً أنَّ النجاحات التي أحرزتها نظرية الانفجار العظيم هي إلىٰ حد ما نتيجة لخديعة.

إنَّ مشكلة التسطُّح ـ شأن مسألة الأفق ـ تتطلَّب النظر والتأويل. ويجدر بعلماء الكون أن ينطلقوا في استكشاف ما حدث فعلاً في أثناء الانفجار العظيم، في تلك اللحظة الأولىٰ من ولادة الكون. ما الذي تخفيه حقبة پلانك في ثناياها التي لا تصل إليها النسبية وكونياتُ فريدمان؟ وهل يمكن أن تحتوي تلك المرحلة الأولىٰ من عمر الكون علىٰ عملية محدَّدة ذات طبيعة كيميائية هرمونية قَرَنَتْ هذه الأعداد الغامضة بقيمها غير الاعتيادية؟ لماذا ربحنا جائزة اليانصيب مراتٍ كثيرة متوالية؟

قبل أن أتركك تتأمَّل في هذه الألغاز المحيِّرة، دعني أُضف إليها لغزاً آخر. إنَّ ثالث ألغاز الكون المتوسِّع هو ذاك الشيطان المتمثِّل بالثابت الكوني أو لامدا، الذي أطلقه أينشتاين من عقاله فكان سبباً في إفساد سمعته العلمية الطيِّبة، لولا أنَّ أينشتاين سارع إلىٰ التنصُّل منه حالما تأكدت له صحةُ اكتشافات هَبِل. وبعد ذلك فَقَدَ الثابتُ الكوني بريقه. ولربما كانت تلك هي الغلطة الوحيدة التي اجترحها أينشتاين في حياته المهنية كلها. ومنذ أن أُدخل لامدا عاد العلماءُ لا يدرون لماذا يجب أن تكون قيمتُه صفراً.

تذكَّرْ أن لامدا يُمثِّل طاقةَ الخواء، أي القوةَ التثاقلية للعدم، التي عبَّر عنها أينشتاين بالباب الصغير الخاص بقططه الصغيرة. وقد تبيّن له أنَّ نظريته النسبية تستوعب طاقةَ خواء لا صفرية nonzero vacuum energy مادام الخواءُ شديدَ التوتُّر وتنافرياً من الناحية التثاقلية، فاستعمل هذه الإمكانية في بناء كونٍ ساكن ضمن نظريته. ولتحقيق ذلك كان عليه ضبط قيمة لامدا بدقة حيث ساوَت قوّتها

التنافريةُ جذبَ قوة الثقالة الطبيعية. ثم إنَّ اكتشاف هَبِل للتوسُّع الكوني قضىٰ علىٰ فكرة الكون السكوني لا علىٰ الثابت الكوني. والواقع أنه، وكما أدرك فريدمان، لا يمكن أن يكون الكونُ ساكناً إلا بإعطاء قيمةٍ مستنبطَة للامدا، علماً بأنَّ إعطاء قيمةٍ أكثر عمومية للامدا يؤدي كذلك إلى كونٍ متوسِّع لا يُتاح معه لنتائج هَبِل أن تستبعد الثابتَ الكوني بحال من الأحوال.

ولكن إذا لم تكن طاقةُ الخواء صفراً، فكيف يمكن أن تتطوّر مقارنة بأشكال الطاقة الأخرىٰ في الكون؟ هل سيكون مصيرها التلاشي مع توسُّع الكون؟ أم أنها ستتحكَّم في كل الأنواع الأخرىٰ فيه؟ هنا يكمن اللغز الثالث لكونيات الانفجار العظيم.

يجري علىٰ الكون ما يشبه ظاهرة الاصطفاء الطبيعي، فتتنحّى صفاتٌ وترجح أخرىٰ، مفضيةً إلىٰ عددٍ من الأحقاب والعصور الجليدية لا تختلف كثيراً عن الأحقاب والعصور الأرضية. ولعلّي حتىٰ الآن قد أفرطتُ في تبسيط عرض الأنواع التي تعيش في كوننا إلىٰ حدٍّ ربما لم تتمكَّن معه من إدراك ما أقصده بالأنواع الأخرىٰ؛ فلم أذكر حتىٰ الآن سوىٰ السائل الكوني المؤلَّف من مجرّات، لأنه يمثل أبرز عناصر الكون. إلا أنَّ الأمر لا يقتصر علىٰ ذلك. دعني أُعلن لك بقية شخوص هذه الدراما التراجيدية الكوميدية الكونية.

والشكل 5.5 صورةٌ لحشد الذؤابة، وهو حشدٌ غني يحتوي علىٰ أكثر من ألف مجرّة. وفي الشكل 6.5 ترىٰ صورةً للمنطقة نفسها من السماء، ولكن كما يرصدها مقرابٌ حساس للأشعة السينية. ومن المعروف أنَّ الأشعة السينية هي الطابع المميِّز للغاز الحار الذي قد تبلغ درجة حرارته ملايين الدرجات. وتلاحظ أنَّ الحشد مندسٌّ في سحبٍ كثيفةٍ من الغاز الحار، وأنَّ معظم كتلة الحشد محتوىً في هذه الهالة الغازية، وهذا من العِبَر علىٰ وجود الكثير والكثير من فيوضٍ كونيةٍ تَقْصُر عن رؤيتها العين.

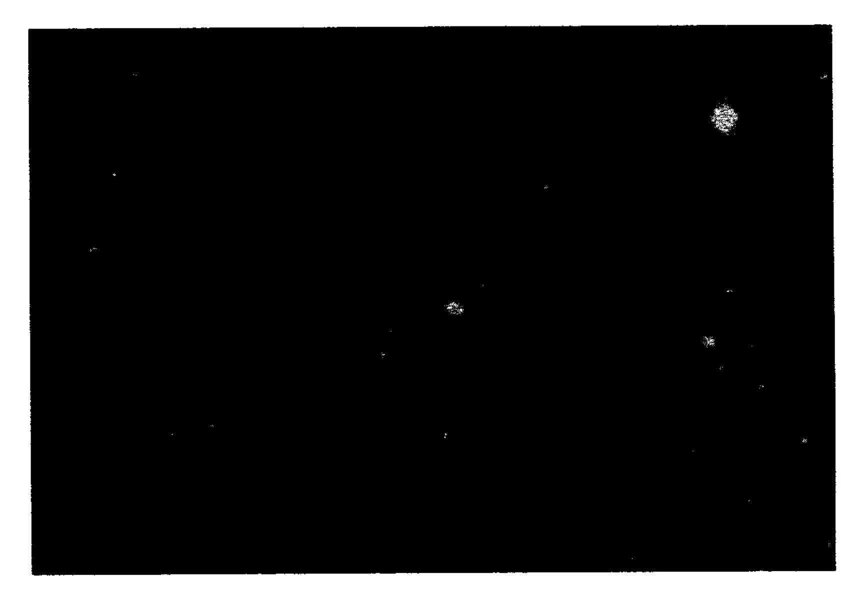
وتشير تجارب مشابهة إلى أنَّ ما نستطيع رصده باستعمال المقاريب

التقليدية ما هو في الواقع إلا جزء صغير جداً من كتلة الكون. وقد بات من المعروف أنّا مُحاطون بمادةٍ قاتمة dark matter خفيَّةٍ لا تُضيء، لكنّا ندرك وجودَها عن طريق آثار ثقالتها الملموسة بصورة واضحة لا لبس فيها، ولا نحسّ إلا بوزنها. وتدل القياسات على أنَّ المادة القاتمة تؤلِّف معظمَ مادة الكون. وهكذا نكون قد تعرَّفنا علىٰ ثلاثة أصنافٍ من المادة في الكون هي: المجرّات، والغاز الحار، والمادة القاتمة.

وهناك المزيد بعدُ؛ فقد اكتُشف مكوِّنٌ آخر يُعرف بالإشعاع الكوني cosmic radiation وهو فيضٌ غامرٌ من الأمواج الصغرية (الميكروية) ينبثق من أعماق الفضاء الكوني ويُغلِّف الخواء، مُسخِّناً كلَّ شيء بنحو ثلاث درجات. ويعود الفضل في اكتشاف إشعاع الخلفية الكوني هذا في الستينيات من القرن الماضي إلى عالِمَيْن في الفلك الراديوي هما [آرنو] پِنْزياس Arno Penzias و[روبرت] وِلْسون Robert Wilson اللذين ظنّا بادئ الأمر ـ خطأً ـ أنه سَلْحُ حمائم عَلِقَ في الهوائي الذي يستعملانه، ولم تُجْدِ عملياتُ التنظيف المتكرِّرة، فراحا يلعنان تلك الحمائم على اتخاذها عشَّها على الهوائي، واعتقدا أنها قد ألحقت أذىً مستديماً في أداة رصدها الثمينة عندما فشلا في إزالة هذا الأثر. ثم ما لبثا أن أدركا أنهما توصّلا إلىٰ تبيُّن أمرٍ مهمٍّ جداً يمثل صدىٰ عنصرٍ آخر من مركبات الكون، وهو سائلٌ كونيٌّ من الإشعاع ينضاف إلى سائل المادة المؤلَّف من المجرّات والغاز الحار والمادة القاتمة.

وهذه هي المقوِّماتُ الأساسية للانفجار كما نعرفه(*). والسؤال الذي يطرح نفسه هنا هو: ماذا يحدث لكل هذه المادة مع توسّع الكون؟ والجواب بسيط جداً، إنَّ ذلك يتوقَّف علىٰ الضغط الذي يُبديه نوعٌ ما أو لا يبديه. وقد تقدّم لنا كيف يُمكن أن يؤثر الضغطُ أو نظيره السلبي (وهو التوتُّر) في القوة

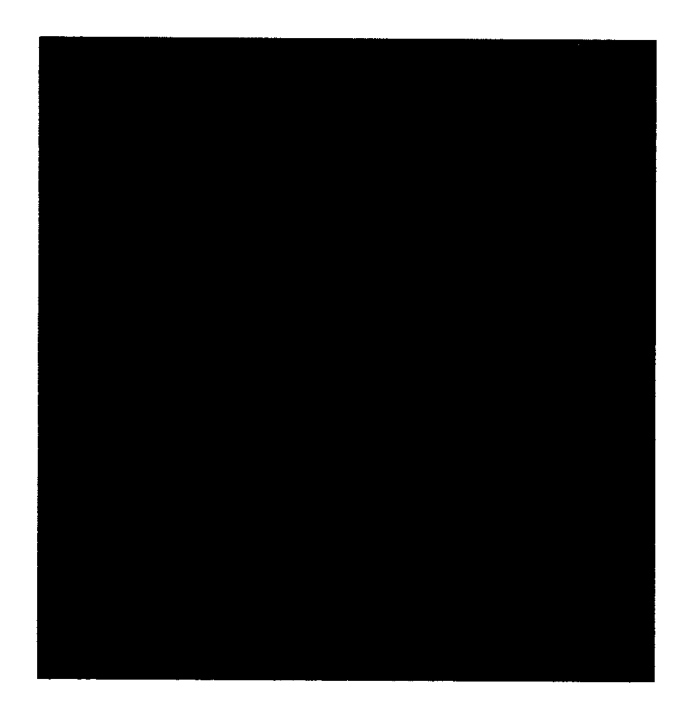
(*) ترىٰ معظم النظريات أنَّ ثمة خلفية فيّاضةً من النيوترينوهات neutrinos الكونية أيضاً، وهذا لا يغيِّر في شيءٍ من المناقشة الواردة في هذا الكتاب.



شكل 5.5 صورة لحشد الذؤابة المجرّي.

التثاقلية لجسم معيَّن. وبالفعل، إذا أكسبتَ النوعَ توتُّراً كافياً فمن المحتمل أن يصبح تنافرياً من الوجهة التثاقلية، تماماً كما في حالة الثابت الكوني. وهذه بالضبط هي الخدعة التي اصطنعها أينشتاين ليَخرج بكونٍ ساكنٍ من النسبية العامة. وقد تأكّد لنا اليوم أنَّ الضغطَ هو أيضاً العاملُ الحاسم في بقاء الأنواع مع استمرار تمدُّد الكون، وهذا ما يضع المجرّات والمادة القاتمة معاً في ركنٍ واحد، والإشعاعَ الكوني في ركنٍ آخر. . . والثابتَ الكوني في ركنٍ ثالث.

لنبدأ بالسائل المجري، الذي لا يبدي أيّ ضغط. والحقيقة أنَّ الضغط ينشأ عن حركات جزيئية عشوائية، في حين ينشأ الضغط الجوي عن حركات جزيئية سريعة تؤدي إلىٰ إيجاد قوةٍ تعمل في أي سطح عند ارتداد الجزيئات عنه، وذلك هو الضغط. إلا أنَّ المجرَّات تفتقر إلىٰ هذه الحركات، أو أنها إن وُجدت فهي مُهْمَلَة لا يُعتدّ بها، فهي إذن لا تبدي ضغطاً. ويُعبِّر علماء الكون عن هذا السائل الذي لا ضغط له بتسمية شاعرية فيسمونه «الغبار الكوني Cosmic dust لأنَّ الغبار ــ شأن المجرات ــ لا يتولَّد عنه أي ضغط أبداً.



شكل 6.5 صورةٌ سينيَّةٌ للمنطقة نفسها من السماء، التي يُمثِّلها الشكل السابق. لاحظ ادنساسَ الحشد في سحابة عملاقةٍ من الغاز البالغ منتهاه من الحرارة.

ومع استمرار تمدُّد الكون تتمطَّط هذه المجرَّات المعدومة الضغط، أو أنها علىٰ الأصح تبقىٰ مغلَّفةً بفضاء يتمدّد مولِّداً فراغاً فيما بينها يتّسع باطراد؛ فلو افترضنا أنّا صبغنا مساحة معيّنة من الكون باللون الأحمر، لتوسَّعت هذه البقعة الحمراء مع استمرار توسُّع الكون، لكن عدد المجرَّات الموجودة فيها يبقىٰ ثابتاً. وهذا يُحدِّد معدلَ تخفيف التركيز dilution rate لأي سائل خاضع للتمدُّد، يشبه الغبار أو ينعدم فيه الضغط. ومبلغ عملنا أنَّ المادة القاتمة مصوغة علىٰ مثال سائل غباري، ومن ثم فإنَّ تطوّرها مع تطوُّر الكون شبيه تماماً بتطوُّر المجرّات؛ فهي أيضاً تغدو مخفَّفة التركيز بمعدل تزايد حجم معيّن.

لكنَّ الإشعاعَ خلافُ ذلك؛ فهو مؤلَّف من فوتوناتٍ أو جُسيمات ضوئية تتحرَّك بطبيعتها بسرعة الضوء، أي بأقصىٰ سرعةٍ ممكنة. ولهذا السبب يبدي

سائل الإشعاع، من قبيل الخلفية الصغرية الكونية، ضغطاً كبيراً. لكن كيف يؤثر ذلك في تطوُّر هذا السائل عند تعرُّضه للتوسُّع الكوني؟

تتباعد الفوتونات أكثر فأكثر مع استمرار توسُّع الكون، إلا أنها تبدي ضغطاً أيضاً على هذا الحيّز المتوسِّع، وكأنها مُنْهَمِكة في الإسهام في التوسُّع الكوني، وينتج عن ذلك استنفادُ بعض طاقتها. ومع تواصل توسُّع الكون، تتمدَّد مساحةٌ معيّنة (كالتي صبغت باللون الأحمر) مع احتفاظها بالعدد نفسه من الفوتونات. إلا أنَّ تلك الفوتونات تضعف هي الأخرىٰ وتُستَنْزَف نتيجةً لقوة الضغط المبذول في الإسهام في عملية التوسُّع. لذلك يُخفَّف تركيز سائل الإشعاع بفعل التمدُّد بمعدَّل أعلىٰ من الغبار. وترجع خفة تركيزه إلىٰ سببين هما: تمدُّد الحجم، والاستنفاد الإضافي الناجم عما تبذله الفوتونات من طاقة في عملية التوسُّع.

إنَّ لهذا الاستدلال نتائج مهمَّة في سياق تاريخ الكون. فإذا كان معدل تخفيف التركيز في الإشعاع أسرع منه في المادة، فهذا يستتبع من الناحية الأخرىٰ أنَّ إشعاعاً كثيفاً جداً وحاراً جداً لا بدَّ أنه كان يكتنف الكونَ الفتيّ أولَ نشأته. وبالفعل، إذا كان تخفيف التركيز في نوعٍ ما أسرع منه في نوع آخر، فإنه يتلاشىٰ بالضرورة في وقت متأخر دوماً، لكنهُ يسود في المراحل الأولىٰ من نشأة الكون. وبتعبير آخر، إنَّ الإشعاع الكوني هو بمنزلة «ديناصور» الكون: إنه منقرضٌ اليوم، لكنه كان واسع الانتشار في العصور السالفة. وقد أدىٰ اكتشاف الإشعاع الكوني إلىٰ شكل خاص من نموذج الانفجار العظيم يدعىٰ نموذج الانفجار العظيم الحار Hot Big Bang model: وهو كون متوسِّع ذو ماضٍ بالغ الحرارة، تسوده فوتونات عالية الطاقة تؤلِّف بمجملها فيضاً عارماً من الإشعاع الحار.

كل هذا يتعلَّق بالمقوّمات النظامية للكون، وهو ما أصبح اليوم النموذجَ المعدل لكونيات الانفجار العظيم. لكن ماذا يحدث لظاهرة بقاء الأصلح هذه

لو أضفنا إليها الثابتَ الكوني؟ ماذا عسىٰ أن يكون مآل هذا الوحش الافتراضي في ظل التوسُّع؟

لا تنسَ أنَّ طاقة الخواء تتّسم بالتوتُّر الشديد، إذ يتعيّن عليها أن تضادَّ التوسُّع وتقاوِم المزيدَ من الامتطاط الذي يسببه. لكن ذلك يعني ـ وعلى نقيض ما يحدث في حالة الإشعاع ـ أنَّ التوسُّع الكوني لا بد من أن ينقل طاقة إلىٰ الثابت الكوني عندما يُحدث شداً في شريط لامدا المطاطي، ويحمله على مراكمة التوتُّر أكثر فأكثر. ولهذا كان للتوسُّع أثرٌ مزدوج في لامدا: فهو يخفِّف من تركيز طاقته، وفي الوقت نفسه يقاوم توتُّره، وبذلك ينقل إليه الطاقة. ويؤدِّي هذان الأثران المتعارضان (تخفيف التركيز الناشئ عن تمدُّد الحجم، والأثر الطاقي للتوتُّر) إلىٰ نتيجة خاصَّة تتمثَّل في استقرار قيمة كثافة الطاقة في الثابت الكوني علىٰ الدوام، دون أن تتأثَّر بتوسُّع الكون. فلو كان بإمكانك توسيع الثابت الكوني لوجدتَ أنَّ كثافة طاقته قد بقيت كما هي!

لاحِظْ أنَّ ذلك يحمل دلالةً مثيرة جداً؛ فلو وُجدتْ في وقتٍ ما من حياة الكون أثارةٌ من طاقة الخواء، مع استمرار توسُّع الكون وتخفيف تركيز الغبار والإشعاع الكونيين، لأدّىٰ ذلك إلىٰ هيمنة لامدا علىٰ الكون كلّه. وهيمنة الخواء قد تعني كارثةً حقيقية تتمثَّل في كونٍ مختلف عن كوننا تماماً، يتّصف بسماءٍ سوداء كالحة ليس فيها سوىٰ مجرَّة وحيدة هي مجرَّتنا، ولا يُرىٰ فيه الإشعاع الكوني. ونتساءل: لماذا لم يحدث أن هيمن الخواءُ على الكون؟

لتمثيل اللغز بالأعداد كما فعلنا من قبل، فلننظر أولاً في الكون عند الثانية الأولىٰ من نشأته. يمكن البرهان على أنه لتجنّب هيمنة لامدا منذ زمن طويل، يلزم بالضرورة أن تكون النسبة المئوية لطاقة الخواء في الكون أصغر من 1 (34 صفراً) .0 بالمئة. وإذا كنا أكثر إلحافاً وافترضنا أنَّ الكون في حالة تمدّدٍ منذ أُوينة پلانك، فإنَّ الإسهامَ الأولي من طاقة الخواء لا بدّ أن يكون أصغر من 1 (120 صفراً) .0 للحيلولة دون هيمنة الخواء فيما مضىٰ.

بات من المعلوم إذن أنَّ ألغاز الانفجار العظيم مزعجةٌ وعصيّة؛ فمنذ الستينيات من القرن الماضي وعلماء الكون يَجهَدون في أمر الوصول إلىٰ حلولٍ يتبيّن دوماً أنها ذات عُوار. ولعل أكثر المحاولات الأولى إثارةً هي تلك التي تقدَّم بها ياكوف زِلْدوفِتْش Yakov Zeldovich وهو عالِمُ كونياتٍ روسي تُحاكي سيرته في بعض جوانبها سيرةَ فريدمان. لم يتجاوز مجملُ تعليمه الرسمي أكثر من ستّ سنوات من الدراسة الثانوية، وهنا يكمن سرُّ خياله الواسع وإبداعه الفذّ؛ فهو عصاميُّ التعلُّم، لم يتلقَّ دراسةً جامعية، ومع ذلك فقد مُنح درجة الدكتوراه ولم يكن قد غادر الثانية والعشرين من العمر.

كان زِلْدوفِتش ـ شأن فريدمان ـ يفتقر إلى مقومات التوازن والاستقرار(*). فقد اشتغل في مجالات ابتكارية من علم الكون هي من الكثرة حيث حملت الناسَ أحياناً علىٰ الاعتقاد بأنَّ عدداً من علماء الكون يجمعهم هذا اللقب نفسه. لذلك كان من المناسب، بغية تمييز المنجزات الكثيرة المنسوبة إليه، أن يُقْرَن اسمُه باسم العالِم الغربي الذي اكتشفها من جديد بعد سنوات. وإليه تُنسَب فكرة الكون الارتدادي bouncing universe كحلٍّ لألغاز الانفجار العظيم.

وإليك الطريقة: خُذ نموذجاً كروياً أو مُغلقاً ودَعْه يتوسَّع انطلاقاً من الانفجار العظيم. ونحن نعلم أنَّ نموذجاً كهذا ينكفئ علىٰ نفسه في نهاية الأمر وينفجر داخلياً، ويكون مآله هو الانكماش العظيم Big Crunch، أو الارتصاص الحدّي. لكنّا نعلم أيضاً أنَّ الكون بدخوله مرحلة الانكماش يبلغ سرعاتِ تقلُّص تعادل تماماً سرعات التمدُّد التي بلغها في حقبة پلانك. والحقيقة أنَّ

(*) أعتذر من هذه التورية: فقد مات فريدمان قبل الأوان من آثار رحلة منطادية قام بها في مرحلة مبكرة من حياته إلىٰ طبقة الستراتوسفير [الجزء الأعلىٰ من الغلاف الجوي] وحطّم فيها الرقم القياسي. وبدراسة التقارير التي قدّمها الربان وفريدمان نفسه يستطيع المرء أن يكوِّن نظرة عميقة في برنامج الفضاء السوڤييتي، فيرىٰ فيه سلسلة من النجاحات المتعاقبة، تتميَّز دوماً بجرأتها إلىٰ حد الخطر المشرف علىٰ الهلاك، وتتمثَّل بمزيج من التكنولوجيَّة البسيطة البارعة والقدرة الروسية اللامتناهية علىٰ التحمّل.

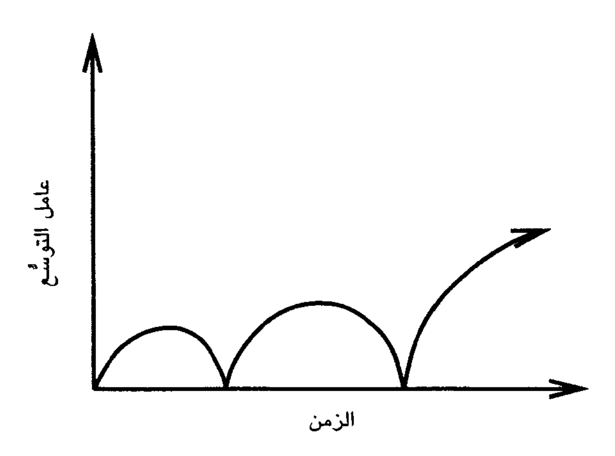
الكون لا بد من أن يدخل في حقبة أُخرىٰ علىٰ غرار حقبة پلانك تنشط فيها آثارٌ تثاقلية كمومية غير معروفة. والفارق الوحيد هنا هو أنَّ الكون الآن يجتاز حالةً من التقلُّص لا التمدُّد. وتساءل علماء الكون: كيف لهذه الآثار التثاقلية الكمومية أن تجعل الانكماش ينكفئ إلى انفجار عظيم جديد، أي أن يكون ثمة احتمالٌ لارتدادٍ كونيّ؟

يُطلَق علىٰ الكون الارتدادي أيضاً اسم كون العنقاء phoenix universe، لأنه ينتقل من مرحلةٍ تداني الانكماش إلى انفجار عظيم في دورة لانهائية. وقد تمكّن زِلْدوفِتش من التدليل علىٰ أنَّ كل دورة جديدة ينبغي أن تكون أكبر (أو أدوَم) من سابقتها (انظر الشكل 7.5)(*). ثم إنه حاول حلَّ ألغاز الانفجار العظيم بالاستفادة من هذه الخَصِيْصة.

وبدا للوهلة الأولىٰ أنه يتقدم في تناول المسألة بصورةٍ مشجّعة، علىٰ أنه ـ بعد صفحات وصفحات من استعمال الجبر ـ أقرَّ بالإخفاق؛ فالكون الارتدادي في الواقع لا يصلح حلاً لمشكلات الانفجار العظيم، بل إنها تتزايد باستعماله.

إنَّ ألغاز الانفجار العظيم مثيرةٌ وخطرة؛ إنها تومئ إلىٰ الكثير من الفيزياء الجديدة، وتستصرخ جوانبَ جديدةً في علم الكون، ومع ذلك فهي لا تُظهر ما يوحي بحلٍّ محتمَل لها، بل إنَّ من السهل أن يبدو ذوو الفطنة والذكاء بمظهر من البلاهة حيالها. وإني أذكر ملتقىً في الكونيات انعقد في إنكلترا، احتدم فيه الجدل بين نيل تورك Neil Turok أحد أكبر المعارضين لفكرة التوسُّع آنئذ) وشخص آخر أصرَّ علىٰ أنَّ التوسُّع هو الحلُّ الوحيد المعروف لمشكلتَيْ الأفق والتسطُّح. فأنكر عليه نيل ذلك على الفور (وكان لَسِناً) قائلاً إنَّ لديه آلافاً من التأويلات والأفكار البديلة تتصل بألغاز الانفجار العظيم. افترض أنه عند ولادة

(*) يقوم البرهان علىٰ الإفادة من القانون الثاني للديناميكا الحرارية، القاضي بأنَّ القصور الحراري (الانتروپيا) في تزايد دائم، وأنَّ حدود الحجم الأقصىٰ لكل دورة في كونٍ ارتدادي مرتبطةٌ بإجمالي قصوره الحراري.



شكل 7.5 عامل القياس في كونٍ ارتدادي. كلما اقترب الكونُ من انكماشٍ عظيم ارتد2 إلىٰ انفجارٍ عظيم جديد. لاحِظْ تعاظُمَ الدورات حجماً وديمومة. يتوسَّع الكون إلىٰ حجمٍ أقصىٰ بعد كلٍّ «ولادة جديدة» له.

الكون نشأ «شيءُ ما»، مبدأ يؤكِّد أنَّ لا وجود إلا لكونٍ أقرب ما يكون إلىٰ التناظر. ألا يفرض ذلك كوناً متجانساً ومسطحاً؟ وهذا في حد ذاته حل للغْزَيْ التسطُّح والتجانس.

إني أشعر دوماً أنَّ كثرة استعمال عبارة «شيء ما» في كل مناسبة تُتيح لأي واحد حلَّ أيِّ مشكلة مهما كانت عويصة. إلا أنَّ ثمة خللاً أكثر وضوحاً، إذ لم يكد نيل ينهي كلامه إلا وقد تصدّىٰ له مارك هِنْدمارش Mark Hindmarsh الجالس إلى جانبه وَسْنان، قائلاً: «حسناً، أما والحال هكذا، أفلا يجدر بالكون أن يكون زمكانَ مِنْكوفسكي؟»

سادت لحظة صمتٍ إلىٰ أن تمثَّل الحاضرون تعليقَه. . . ثم انفجر الجميعُ ضاحكين، وأنا منهم. وإذا كنتَ ذا علمٍ بالرياضيات أدركتَ أنَّ هذا صحيح: فزمكان مِنكوفسكي، وهو الفضاء الخاوي المعدوم الثقالة بحسب نظرية النسبية الخاصة، هو أمثل الفضاءات المتاحة تناظراً؛ إنه خاوٍ حتىٰ يبدو واحداً في كل اتجاه أو مكان أو زمان. ومن المؤسف أنَّ مبدأ نيل المتمثّل في «شيء ما» لا

يؤدي إلا إلىٰ نتيجةٍ صريحة الخطأ، وهي أنّا نعيش في كونٍ لا ثقالة له، ولا يحلّ أيَّ مشكلةٍ كونية.

وهكذا ضحك الجميع من هذه المحاولة المضلِّلة لحل مشكلتَيْ التسطُّح والأفق، إلا أني لما عدتُ إلىٰ نفسي وجدتُ نيل ـ وإن لم يفلح ـ قد سعىٰ محاولاً ومجتهداً. وإن السِّمةَ المميزة لأي مشكلة حقيقية هي بساطتها الشديدة التي تجعلك تعتقد أنك أصبحتَ قاب قوسين من حلها، ثم تخرج منها صفر اليدين مهما كانت درجة ذكائك.

لكنَّ نيل كان مُخطئاً في جانب آخر؛ ففي أواسط التسعينيات من القرن الماضي، والحق يُقال، وبقطع النظر عما كان يُقال حينئذٍ، لم يتوفَّر إلا جوابٌ وحيد عن ألغاز الانفجار العظيم، ذلك هو الكونُ الانفجاري التوسُّع، الذي نادى به آلن گوث Alan Guth.



6 آلهة تتعاطى الأمفيتامين

في أواخر السبعينيات من القرن الماضي كان علمُ الكون أقربَ إلى العبث، وكانت فيزياء الجُسَيمات قد أحرزت تقدُّماً غير مسبوقٍ في تفسير بنية المادة عن طريق فصل جُسَيماتها الأساسية والحقولِ التي تتوسَّط تفاعلات تلك الجسيمات. واستعمل علماءُ الفيزياء مسرِّعات accelerators مكَّنتهم من اصطناع حوادث تصادمٍ دقيقة بين الجُسَيمات، تضع نظرياتِهم على محكّ الاختبار. وفي حين كانت تلك المسرِّعاتُ الضخمة تستنزف مبالغ طائلةً من الأموال العامة، فإنَّ ثمة إجماعاً على أنه إنفاقٌ مشروع؛ آيةُ ذلك النتائجُ الباهرةُ التي تحقَّقت كثمرةٍ لنظرياتٍ كانت (في معظمها) متساوقةً مع نفسها، وتجارب عمليةٍ أُجريت في المسرِّعات لتعزِّز صحّةَ تلك النظريات إلى حدٍّ بعيد.

لكنَّ الفيزيائيّين كانوا كلما حاولوا المزجَ بين الجملةِ الهائلة للمعرفة، التي تُجسِّدها فيزياءُ الجسيمات، ونظريةِ الانفجار العظيم للكون، لم يخرجوا إلا بمحض توافه لا قيمة لها، علماً بأنَّ ذلك المزج ـ من حيث المبدأ ـ حريٌّ بأن يكون ذا معنى، بل وأن يكون ضرورةً منطقية، لأنَّ وجهَ الكون الأول البالغ الحرارة كان يجب أن يؤدّي دور مسرِّعٍ قويٍّ عالي الطاقة، فتتولَّد جسيماتٌ جديدة في الكون الفتيّ، تماماً كما تتولَّد من طريق حوادث الصدم العالية الطاقة في المسرِّعات. لكنَّ الواقع كان أقلَّ من ذلك بكثير.

كان اهتمام علماء الكون منصبّاً بصورةٍ خاصة على نوعٍ واحدٍ من الجُسَيمات هو ما يسمىٰ أحاديَّ القطب المغنطيسي magnetic monopole، الذي لم يكن قد شوهد في المسرِّعات بعدُ، إلا أنه كان متوقَّعاً بالاستدلال من قرائن أساسيةٍ جرىٰ تحقُّق صحتها. ويستوجب المنطقُ أن تتولَّد أحادياتُ القطب المغنطيسي في البدايات الأولىٰ لنشأة الكون الوليد. ولكن ما مدىٰ غزارة إنتاج الكون الأول لهذه الجُسَيمات يا تُرىٰ؟ وهل هي عرضةٌ للاضمحلال فور إنتاجها؟ إذا لم يكن الأمر كذلك، فهل من المحتمل وجود بقايا أو مُخلَّفات من أحاديّات الأقطاب ما زالت تسبح من حولنا بانتظار أن يكتشفها عالِمٌ مستقصٍ؟

وترقىٰ أصولُ هذه التساؤلات إلى اكتشاف الأشعة الكونية cosmic rays في الثلاثينيات من القرن الماضي. وتتألف الأشعة الكونيةُ في المقام الأول من جُسَيماتٍ تولَّدت ضمن مجرَّتنا وذات طاقاتٍ أدنىٰ بكثير من طاقات أحاديات القطب المغنطيسي(*)، إلا أنها أعلىٰ إلىٰ حدٍّ بعيد من طاقة المسرِّعات العاملة عند اكتشاف الأشعة الكونية. وكان پول ديراك Paul Dirac قد تنبّأ في كامبردج آنذاك بوجود المادة المضادّة antimatter، لكن إنتاجها كان فوق إمكانات المسرِّعات المتاحة في ذلك الوقت. ويُذكر في هذا السياق أنَّ المادةَ المضادَّة قد اكتُشِفت أولاً وبالذات في الأشعة الكونية، قبل سنواتٍ كثيرةٍ من إنتاجها على الأرض.

وكان القصد واضحاً: إذ لم يكن علماءُ فيزياء الجُسيمات في بعض الأحيان بحاجةٍ إلىٰ مسرِّعاتٍ عالية الطاقة لإنتاج جسيماتٍ جديدة، بل إنَّ نظرةً إلىٰ السماء كانت تكفي لإمدادهم بوابلٍ من الجسيمات العالية الطاقة بفضل الكون. ولعلَّ هذا الأسلوبَ نفسه ينسحب علىٰ مستويات طاقةٍ أعلىٰ كثيراً من طاقة الأشعة الكونية. ولربّما أدّى الكونُ الناشئ بحدّ ذاته دورَ مسرِّعٍ عالي الطاقة، قادرٍ على توليد جُسيماتٍ مازلنا قاصرين عن توليدها علىٰ الأرض، من قبيل أحادي القطب المغنطيسي.

(*) تُستثنىٰ من ذلك الأشعة الكونيةُ ذات الطاقة فوق العالية.

ومع ذلك فقد بقي السؤالُ الكبير ماثلاً: كم ينبغي أن تكون غزارةُ بقايا أحاديات الأقطاب تلك؟ هنا تبدأ المشكلة، لأنَّ الفيزيائيين ما إن يُدخِلوا أعداداً علىٰ المسألة حتىٰ يخرجوا منها بنتيجةٍ لا معنىٰ لها. إنَّ فيضَ أحاديات الأقطاب الذي خلَّفَتْه تلك المرحلةُ المبكِّرة الحارّة للكون هو من الغزارة والوفرة ما يحمل على الاعتقاد بأن لا شيء في الكون سوى أحاديات الأقطاب المغنطيسية. إذن لا بدَّ أنَّ ثمة خللاً ما في فيزياء الجُسيمات أو في كونيات الانفجار العظيم.

في تلك الظروف شعر العلماءُ بشيءٍ من الارتباك؛ فقد كانت لديهم نظريَّتان ناجحتان جداً تقوم إحداهما علىٰ فيزياء الجُسيمات وتقوم الأخرىٰ علىٰ كون الانفجار العظيم، وكلتاهما مقبولتان في مجاليهما. وأدركوا أنَّ هاتيْن النظريتيْن لا بُدَّ منطقياً أن تتداخلا عند نقطةٍ معيَّنة، ولكن حيثما كان التداخل لم يفضِ إلىٰ شيءٍ علىٰ كلِّ حال. وفي إطار الأجواء السائدة في السبعينيات لم يكن عجباً أن تُلقىٰ مسؤوليةُ هذه المشكلة كاملةً على علم الكون؛ فقد أُشيع آنذاك أنَّ «علم الكون غير منسجم مع فيزياء الجسيمات»، وهذه إشارةٌ ضمنيةٌ إلىٰ أنَّ علم الكون ليس جديراً بأنْ يؤخذ علىٰ محمل الجِدّ.

لقد بدا الأمرُ وكأنَّ الكونَ قد تنازعت في خلقه آلهتان علىٰ طرفَيْ نقيض!

في أواخر السبعينيات من القرن الماضي كان آلن گوث الشابّ قد عُرِف بوصفه عالماً في فيزياء الجُسيمات، فترتَّب عليه ألاّ يضيِّع وقتَه في علم الكون. لكن التوفيق لم يكن حليفه؛ فقد كتبَ عدة مقالاتٍ لم يُكتَرث لها، حتىٰ إنه اليوم يعترف بنفسه بأنَّ مقالاته الأولىٰ كانت تنحو إلى الخروج عن الموضوع.

ثم إنه بلغ مرحلةً من حياته كفيزيائي ينبغي عليه فيها أن يتولىٰ وظيفةً دائمةً أو يُفصل من العمل فصلاً تعسُّفياً. هذه الظاهرةُ الجائرة من الازدواجية كثيراً ما تصيب معظمَ الناس في مطلع الثلاثينيات من أعمارهم، وهي ليست شائعة كثيراً خارج الأوساط الفيزيائية. وإليك الحقائق: في صباحٍ جميل تغلق سوقُ العقود

المؤقَّتة أبوابها في وجه الفيزيائي العجوز، فإذا لم يفلح في الحصول على وظيفةٍ في هذه المرحلة فإنه يلتحق عادةً بعالَم المال ويشعر بالإحباط بقيةَ حياته.

وإذ قَصَّرت مقالات آلن عن النجاح، فلم تكن الأمورُ مبشِّرةً بخيرٍ له. ومن السهل أن يقرأ المرء مسحةً من اليأس في كتاباته اللاحقة عن تلك الأيام السوداء. لكنَّ الإنسان بطبعه كثيراً ما يُقْدِم على عملٍ مُتهوِّر عندما تتقطَّع به الأسباب ويجد نفسه وقد أُحيط به. في ذلك الوقت اتَّخذ آلن قراراً حاسماً يُفضي إلى اكتشاف ظاهرة التوسُّع الانفجاري، وهو الانقطاع إلى ما بات معروفاً باسم «كونيات الجسيمات Particle Cosmology.» ولم يكن يَعرف شيئاً في علم الكون آنئذ، بل إنه وجد نفسه يلج ميداناً يفرّ الفيزيائيون منه فرارهم من شرٍّ مستطير. ومما زاد الطين بِلَّةً أنه لم يَقْنع بأقلَّ من العمل في مسألة الجُسَيم الأحادي القطب المغنطيسي.

عملَ آلن بالتعاون مع زميلٍ له يدعى هنري تاي Henry Tye، وتناولا المسألةَ بأسلوبٍ غير تقليدي، فبدأ البحث عن نماذجَ في فيزياء الجسيمات لا تقود إلى كونٍ محشو بأحاديات الأقطاب المغنطيسية. قد يبدو هذا بسيطاً، إلا أنه ـ بإنعام النظر فيه ـ ليس كذلك. لقد ذهب منطقهما خلافاً للتوجُّهات السائدة في ذلك الوقت، فراحا يستعملان علم الكون لتعلُّم المزيد من فيزياء الجُسيمات، كما لو كان علم الكون يتمتَّع بدرجةٍ عاليةٍ من الوثوقية تؤهِّله لذلك الغرض. ولو أنهما قاما بهذا العمل قبل بضعة قرونٍ وفي مكانٍ آخر، لكانا محلَّ اهتمام محاكم التفتيش.

وبغية تنفيذ برنامجهما كان عليهما دراسةُ تفاصيل عملية إنتاج القطب الأحادي دراسةً دقيقة. وقد استتبع ذلك امتلاكَ خبرةٍ عريضةٍ في مضمار ما يُسَمَّى انتقال الطَّور phase transition في فيزياء الجُسيمات، وهي العملية المولِّدة لأحاديات القطب المغنطيسية في الكون الفتيّ. ولا ريب في أنك مطَّلع على مفهوم انتقال الطَّور في سياق الماء الذي يمكن أن يتَّخذ شكلاً صلباً

(جليد)، أو سائلاً (ما يخرج عادةً من الصنبور)، أو غازياً (بخار). تُعرَف هذه الأشكالُ الثلاثة للماء عموماً بالأطوار phases، ويمكن الانتقال من طورٍ إلىٰ طور عن طريق تغيير درجة الحرارة؛ مثال ذلك تحوُّل الماء من شكله السائل إلىٰ بخار بِغَلْيه، أو من شكله السائل إلىٰ جليد بتجميده.

كانت أحاديات الأقطاب المغنطيسية تتولَّد بفعل عمليات انتقال الطَّور المؤثِّرة في المادة التي تؤلِّف الجُسيماتِ الأساسية، ولكن عند درجات حرارة انصهارية تبلغ 1 متبوعاً بـ 27 صفراً. وكان وجود عمليات نقل الطور ضرورةً وجزءاً لا يتجزّأ من نظريات فيزياء الجُسيمات الناجحة جداً حينذاك. ومن البديهي أنَّ ليس بإمكانك قطعاً بلوغ درجات حرارةٍ كتلك باستعمال موقدك المنزلي ولا حتى أقوىٰ المسرِّعات وأعلاها قدرةً، ثم فأنت محِقٌّ في أن تعتقد بعجز أي إنسانٍ عن إذابة جليدٍ كهذا بالغ من التجمُّد الغاية. لكنك إذا اتَّخذتَ عُمرَه مقارباً للانفجار العظيم، فقد يوفِّر الكونُ المتوسِّعُ «الموقدَ» الملائم القادر على توليد مثل هذه الظروف الممعنة في التطرُّف. وإذا كان الكونُ المتوسِّع حجماً والمتقادم عُمراً يُمكن أن يتبرَّد، فذلك يدلّ، بالمقابل، علىٰ أنَّ الكون الأولَ كان حارّاً جداً.

وقد توصَّل آلن وهنري، وآخرون من قبلهم، إلى نتيجةٍ أعلىٰ دقةً، وهي أنَّ الكون كان أشدَّ حرارةً من الدرجة اللازمة للأزمنة كلِّها قبل 0, (اكتب 19 صفراً بعد الفاصلة العشرية ثم 1) ثانية بعد وقوع الانفجار العظيم. لذلك فإنَّ الجُسَيم «الصلب» سيشبه «حمماً سائلة» في هذه الأثناء. ومع توسُّع الكون وانخفاض درجة الحرارة سيتجمَّد «سائل الجُسَيم» البدائي إلىٰ مادةٍ صلبة تؤلِّف الجُسيمات التي نعرفها. وطبقاً لهذا القياس تكون أحادياتُ الأقطاب المغنطيسية شبيهةً بأكياسٍ بخارية صغيرةٍ جداً أشبه بالضباب، تمثِّل مخلَّفات الطَّور الحارّ وقد احتُسبت داخل لبوبٍ دقيقة. والمشكلة هنا هي أنَّ هذا الضباب البدائي كان أقرب إلىٰ مستحلَبٍ لقذائف مدفعية فائقة الكتلة. كيف لنا إذن أن نتحاشىٰ كوناً مملوءاً بصهارةٍ غليظةٍ من أحاديّات الأقطاب الفائقة الوزن؟

بعد كثيرٍ من الإصابة والخطأ اكتَشفَ آلن وهنري مخرجاً ممكناً؛ إذ خلصا إلىٰ أنَّ الكون في بعض النماذج الجُسَيْمية يتبرَّد تبرُّداً مفرطاً «supercool» وهذا يعني ببساطة أنَّ الماء السائل النقيَّ قد يحتفظ بخاصيّة سيولته تحت درجة التجمُّد. والواقع أنَّ بالإمكان تبريد الماء إلىٰ درجةٍ أدنىٰ من 30 مئوية، إلا أنَّ السائل المبرَّد بإفراط يتميَّز بدرجةٍ كبيرةٍ من عدم التوازن، بحيث يُسبِّب أقلُّ ارتجاجٍ انفجارَ بلورات الجليد. ويمكن ملاحظة أمثلةٍ علىٰ ماءٍ وسوائل أخرىٰ مفرطة التبرُّد في الطبيعة؛ فعلىٰ سبيل المثال قد يتبرَّد دم السناجيب القطبيّة المسْبِتة (شتاءً) إلىٰ ثلاث درجاتٍ دون الصفر المئوي، ويستمرّ مع ذلك في التدفُّق لأنه مازال سائلاً، إلا أنه يكون عرضةً للتجمُّد لأقلّ اضطرابٍ قد يصيبه، فيتسبَّب في موت السنجاب. لذلك ينبغي الحرص علىٰ عدم إزعاج السناجيب القطبية في أثناء سُباتها.

قد تحدث عمليةٌ مشابهة في فيزياء الجُسيمات، وقد ادّعى هنري وآلن خطأً أنَّ التبرُّد المفرط ربما يُبعِد خطر حدوث فيضٍ في أحاديّات الأقطاب(*). ونشرا مقالةً يشرحان فيها اكتشافهما. ومع أنَّ هذه المقالة خاطئة في جوهرها، فقد قَدَحَتْ «آثارها الجانبية» زنادَ ثورةٍ في علم الكون. وواقع الأمر أنهما، بينما كانا يستعدّان لتقديم مقالتهما، وقع حدثان مثيران لآلن أدّيا إلىٰ الاكتشاف الاتفاقيّ للكون الانفجاريِّ التوسُّع.

فقد تخلّىٰ هنري عن صحبة آلن وتركه وشأنه. وكان هنري تحت وطأة ضغطٍ كبيرٍ للتوقُّف عن العمل في كل هذا العبث الذي لا طائل تحته، إذ يذكر آلن أنَّ عالِماً متقدِّماً كان قد نصح هنري آنئذٍ أنَّ عمله في أحاديّات القطب لن يفيده في الحصول على ترقيةٍ وظيفيةٍ كان قد تقدَّم لطلبها. وقد ارتكب هنري

(*) الفكرة هنا أنَّ عدداً أقل من أحاديات الأقطاب يتولَّد في عملية انتقالٍ طوريٍّ تأخَّرت بفعل التبرُّد المفرط. والحقيقة أنَّ أحاديَّة قطبٍ واحدة تقريباً تتكوَّن في كلِّ وحدة حجم أُفق، وكلما تأخَّر حدوثُ الانتقال اتَّسع الأفق. وقد وُجد أنَّ هذا لا يكفي لتفادي هيمنة أحاديات الأقطاب

خطأً فادحاً بإصغائه إليه. إنَّ علىٰ المرء أن يفترض عموماً أنَّ هؤلاء الناس مصابون بالخرف! وهكذا تخلّىٰ هنري عن متابعة العمل الذي كان يُطوِّره مع آلن عندما بلغ مرحلته الحاسمة.

ولا شك أنَّ آلن كان تحت وطأة ضغوطٍ مشابهة إن لم تكن أكبر. إنه لم يكن يُخاطر بترقيةٍ وظيفية، إذن لهانَ الأمر، بل كان علىٰ شفا خسارة سيرته العلمية. أما وقد أصبح الآن وحيداً، فقد قاده تهوُره إلىٰ المتابعة، ربما ـ ومن حيث لا يدري ـ تطبيقاً لمثلٍ پرتگاليٍّ سائر يقول: «جميلٌ بالمرء أن يُتمَّ ما قد بدأ». وفي تلك المرحلة كانت سيرةُ آلن تشهد تحوُّلاً خطيراً وَجَدَ معه أنَّ من الأَوْلىٰ له أن يُتابع فيما هو فيه حتىٰ النهاية.

وكان هنري قبل أن ينهي عمله مع آلن قد أثار مسألةً أساسيةً لم تكن معروفةً بعد، تتَّصل بالخصائص التثاقلية للمادة المفرطة التبرُّد، فكان علىٰ آلن الآن أن يستنبط ماهيةَ الثقالة التي يمكن أن تنبثق من هذا الشكل غير الاعتيادي للمادة.

عند هذه النقطة بالذات توصَّل آلن إلىٰ اكتشافٍ مذهل؛ فقد وجَدَ أنَّ المصير المفرط التبرُّد في نظرياته الجُسَيْمية هو مادةٌ متوتِّرة تنافريةٌ من الناحية التثاقلية، كان سلوكُها مطابقاً لثابتٍ كوني! وهي إلىٰ جانب ذلك لا تشبه تماماً لامدا حقيقية، بل لامدا مؤقَّتة تظلُّ في حالة انفتاح في أثناء تبرُّد الكون.

وهكذا تعود غلطةُ أينشتاين الكبرى من جديد.

وخلافاً لهنري، فإنَّ آلن لم تخدعه غرائزُه. لقد أدرك علىٰ الفور أنَّ اكتشافه يحمل بصماتٍ واضحةً لفتحٍ مُبين. واستخفَّه الفرح، فبادر في اليوم التالي لإعلام أحد زملائه اللامعين عمّا جادت به قريحتُه من أفكار. ولا غرو أن يقابَل اندفاعُه بفتور، وردٌّ يقول: «تعلم يا آلن أنَّ المهم في الأمر هو أن نتقاضىٰ مالاً مقابل ذلك.» حقاً، لم يكن آلن هو الوحيد الذي يجانبه التوفيق بادئ الأمر في لمس الأثر البعيد الباهر الذي تحقِّقه الفكرةُ الجديدة.

وحسناً فعل آلن أن تجاهلَ كلَّ التعليقات والمواقف، فما لبث أن أحرز اكتشافاً آخر يفوق سابقه، وهو أنَّ الكونَ المفرط التبرُّد، بثابته الكونيِّ المؤقَّت، يقدِّم حلاً للألغاز الكونيَّة جلِّها. وبذلك انقلبَ الخصمان اللدودان ـ فيزياء الجُسَيْمات وعلم الكون ـ بعد لأيٍّ إلىٰ صديقَيْن متحابَّيْن متقاربَيْن. وبتقاربهما ظهرَ أنَّ فيزياء الجسيمات هي الحلقةُ المفقودة اللازمة لتفسير الأسرار التي لم تُبَتَّ بعدُ من علم الكون المتَّصل بالانفجار العظيم.

وللكون المفرط التبرُّد علاقةٌ عابرةٌ مع الثابت الكوني، هي بمنزلة عبثٍ مؤقَّت مع غلطة أينشتاين الكبرى. وقد أطلق آلن على هذا الحدث من عُمر الكون الوليد اسمَ التوسُّع الانفجاري inflation. وتعود أُصول هذه التسمية إلىٰ أنَّ الثابتَ الكونيَّ تنافريٌّ من الناحية التثاقلية ويتسبَّب في تمدُّد الكون بسرعةٍ كبيرةٍ جداً، بحيث يتسارع الاندفاعُ نحو الخارج مُتمدِّداً أسرعَ فأسرع، بدلاً من أن يتباطأ كما يفعل عادةً بوجود قوة الثقالة الطبيعية الجاذبة. وهكذا يتعاظم حجمُ الكون (إضافةً إلى كلِّ المسافات الفاصلة بين الأجرام المشاركة في التوسُّع الكوني) بدرجةٍ كبيرة خلال هذا الحدث القصير في عُمر الكون. وهنا برز تعبير «التوسُّع الانفجاري»؛ فمادام الكون محكوماً بالمادة المفرطة التبرُّد، يتوسَّع حجمُه توسُّعاً انفجارياً.

يُشَبَّه التوسُّع الانفجاريُّ بحقن الكون الوليد بعقار السرعة، وكأنَّ الاتّحادَ المفرِطَ التبرُّد للآلهتين المتخاصمتَيْن (حتى الآن) قد نَعِمَ بالأمفيتامين(*)، الذي حملَ الكونَ علىٰ التوسُّع انفجارياً، لا علىٰ التمدُّد تمدُّداً اعتيادياً، علماً بأنَّ فورةَ التمدُّد المبكرة للكون تنتهي نهايةً مفاجئةً حالما تتجمَّد المادةُ الجُسَيْميَّة المفرطة التبرُّد في خاتمة المطاف. ثم إنَّ الكونَ يستعيد هويةَ الانفجار العظيم الحارّ المميِّزة له، ويستأنف التمدُّدُ المتباطئ سلوكَه المعتاد.

إلا أنَّ لهذه العلاقة المبكّرة مع غلطة أينشتاين الكبرىٰ نتائج مثيرةً علىٰ

(*) amphetamine: عقار منشِّط للجهاز العصبي المركزي.

المراحل اللاحقة من عُمر الكون. ففي تلك الليلة الطويلة التي اكتشف فيها آلن الكونَ الانفجاريَّ التوسُّع، خلصَ إلىٰ أنَّ مظاهر عدم الاستقرار المألوفة لنموذج الانفجار العظيم قد غدت مستقرَّةً في ظلّ التوسُّع الانفجاري، إذ أصبح التسطُّح (لا حبل البهلوان البعيد الاحتمال) هو المسار الذي يترتَّب على الكون الانفجاريِّ التوسُّع أن يسلكه حتماً. وستنفتح الآفاق لتجعل الكونَ المرئيَّ كلَّه في حالة احتكاك، حيث يتقارب ما كان يبدو مزيجاً مختلطاً من جزائر مفكَّكةٍ غير متساوقة ليصبح كلاً متجانساً بديعاً. وفي الوقت الذي تخلّىٰ فيه الكونُ عن المرحلة الانفجارية التوسُّع كان مهيَّأً تماماً ليجوزَ حبلَ البهلوان بنجاحٍ دون أن يسقط. وهكذا قدَّم التوسُّع الانفجاريُّ للكون حلاً لمظاهر عدم الاستقرار لكونيات الانفجار العظيم، وأوشكت أن تلحق بأبي الهول وألغازِه الهزيمة.

ولكي ندرك كيف يَحُلُّ التوسُّع الانفجاريُّ مشكلةَ الأفق، أبدأ بالإقرار بأني أطرح المسألةَ حتىٰ الآن طرحاً مبسَّطاً. وكثيراً ما يكون التبسيط أمراً لا بُدَّ منه إذا كانت الغايةُ مناقشةَ مسألةٍ فيزيائيةٍ دون الرجوع إلىٰ الرياضيات. ومسألةُ الأفق بالصورة التي طرحتُها عليك صحيحةٌ نوعياً، وتنطبق على نماذج الانفجار العظيم، بل وحتىٰ علىٰ تغيُّر سرعة الضوء، إلا أنها مع ذلك لا تَثْبُت في حالة التوسُّع الانفجاريّ بسبب بروز نكتةٍ دقيقةٍ فيها. عندئذٍ يغدو واضحاً أنَّا في تعريفنا لبُعد الأفق horizon distance كنّا نُغفل دوماً علاقةَ التفاعل بين التوسُّع وانتقال الضوء، ويُمهِّد التنبُّه إلىٰ هذا الجانب السبيل وصولاً إلىٰ الحلِّ الانفجاري لمشكلة الأفق.

تذكَّرْ أنَّ مشكلة الأفق تنشأ من أنَّ الضوءَ (وأيّ تفاعل مهما كان)، في وقتٍ ما، يمكن أن يكون قد قطع مسافةً محدودةً منذ حادثة الانفجار العظيم. لذلك يتجزَّأ الكونُ الفتيُّ إلى آفاقٍ أو مناطق كلٌّ منها غير مرئيٍّ للآخر. هذا التجزُّؤ المختلط من الآفاق المفكَّكة يمثِّل مصدر إزعاجٍ لعلماء الكون، ويحول دون الوصول إلى تفسيرٍ فيزيائيٍّ يستند إلى حوادث تفاعل فيزيائي، لتساؤلاتٍ من قبيل: لماذا كان الكونُ الأولُ مطَّرداً في بداية نشأته؟

إنَّا نُفضِّل أن يكون الاطِّرادُ الكونيُّ ناشئاً عن دخول الكون بكامله في حالة احتكاك، وبذلك تكون درجةُ حرارته متوازنةً في كل أرجاء الفيض المتجانس. إلا أنَّ الكونَ الوليد بدلاً من ذلك ينقسم إلى عددٍ كبيرٍ من المناطق لا رابط بينها. ومن المعلوم أنه لا يمكن بلوغ الاطّراد الكامل ـ في إطار نظرية الانفجار العظيم القياسية ـ إلا عن طرق الضبط الدقيق للحالة البدائية للكون، أي بالتنسيق الدقيق لكل هذه المناطق المنفصلة لكي تتلقّىٰ خصائص واحدةً تماماً للانطلاق. واضحٌ أنَّ هذا التفسير مصطنَع ومتكلّف، وليس التفسيرَ المنطقيَّ علىٰ الإطلاق، وهو أقرب ما يكون إلىٰ إقرارٍ بالهزيمة.

ولكن ما حجم الأفق في الحقيقة؟ ذكرنا سابقاً أنَّ نصفَ قطر الأفق هو المسافةُ التي قطعها الضوءُ منذ الانفجار العظيم. وهذا يعني بأقصر طرائق الحساب أنَّ نصفَ قطر الأفق للكون الذي عمره سنة واحدة هو سنةٌ ضوئيَّة واحدة، وهي المسافة التي يقطعها الضوءُ على مدىٰ سنةٍ واحدة. ولكن هل هذا صحيح تماماً؟

الجواب لا، بسبب النكتة الدقيقة التي نبَّهتُك إليها. إلا أنَّ الانتقالَ في كونٍ متوسِّع يستتبع مفاجأةً تتمثَّل في أن المسافةَ اعتباراً من نقطة الانطلاق أكبرُ من المسافة المقطوعة، بالنظر إلى أن التوسُّع لا يني يمطّ الحيّز المقطوع. قسْ على ذلك سائقاً ينتقل بسرعة 100 كيلومتر في الساعة مدةَ ساعةٍ واحدة. صحيحٌ أنَّ هذا السائق قد قطع 100 كيلومتر، ولكن لو أنَّ الطريق قد تطاول في تلك الأثناء لكانت المسافةُ من نقطة الانطلاق أكبر من 100 كيلومتر حتماً.

أو تصوَّرْ طريقاً سريعاً كونياً، يمكن أن يكون حقيقيةً لو أنَّ الأرض تتوسَّع بمعدَّلٍ سريع جداً. إنَّ رحلةً بين مدينتَيْ لندن ودُرمْ Durham قد تُظهِر على عدّاد المسافات أن مسافة 300 ميلٍ قد قُطِعت، في حين أن المسافةَ الفعلية بين المدينتين عند نهاية الرحلة ربما تكون 900 ميل.

وفي كونٍ عمره 15 بليون سنة، ربما يكون الضوءُ قد انتقل مسافة 15 بليون

سنة ضوئية منذ الانفجار العظيم، إلا أنَّ المسافةَ إلىٰ نقطة انطلاقه ربما تقدَّر بنحو 45 بليون سنة ضوئية. وهذه هي الأرقام التي تظهر فعلاً من حساباتٍ حقيقية. وبسببٍ من هذه الظاهرة الخاصة، فإنَّ حجمَ الأفق الحالي يبلغ ثلاثة أضعاف التوقُّع الساذج.

لكن هذه الحقائق لا تغيِّر من جوهر ظاهرة الأفق horizon effect في نماذج الانفجار العظيم. وبالفعل فإنَّ الأفق أكبر من التقدير المتوقَّع الساذج، ويمكن البرهان على أنَّ حجم الأفق يتزايد مع الزمان، وهنا يكمن سرُّ مشكلة الأفق. ومعنىٰ ذلك أنَّ الأفق كان صغير الحجم في الماضي مقارنةً بحجمه الحالي، وأنه مازال بإمكاننا أن نخلص إلى أنَّ الأجرام النائية تُرى اليوم علىٰ الحال الذي كانت عليه منذ زمنٍ بعيد، حين كان الأُفقُ أصغرَ بكثير، وقد يكون أُفقُ كلٍّ منها اليوم خارج أُفق الآخر. وهنا تبرز الصفةُ المحيِّرة للتجانس الملحوظ للكون النائي في الماضي، ذلك لأنَّ مناطقَه المختلفة غيرُ محتكٍّ بعضُها ببعض، سواء بوجود ظاهرة «التضاعف الثلاثي» triplication effect هذه أم في غيابها.(*)

ومع ذلك فإنَّ المحاكمة المنطقية المتقدِّمة لا تصحُّ إلا في حالة توسُّع طبيعيٍّ متباطئ، ولا تَثْبُت في حالة توسُّعٍ انفجاريٍّ متسارع، لأن المسافة التي يقطعها الضوءُ في هذه الحالة منذ بدء التوسُّع الانفجاري تصبح لانهائية. ولهذا السبب يُطلق على ظاهرة التوسُّع الانفجاري ـ أو المتسارع ـ أحياناً اسم التوسُّع الضوئي الفائق superluminal expansion، وهي تسميةٌ قد لا تكون دقيقةً تماماً، إلا أنها، بلا شك، موحية. والفكرة المهمة هنا أن الضوءَ ـ في إطار التوسُّع «الأمفيتاميني» ـ ينتقل مسافةً محدودة، لكنَّ التوسُّع يعمل «أسرع من الضوء»،

(*) صحيحٌ أنَّ الكون عند لحظة الانفجار العظيم بالذات قد استحال إلىٰ نقطة، لكنَّ ذلك لا يعني أنَّ الكون كلَّه في حالة احتكاك. فالواقع أنَّ الأفق قد اختُصِر أيضاً إلىٰ نقطةٍ عند الانفجار. ولو سألتَ عن عدد الآفاق التي تصلح للكون لحظةَ خلقه، لكان الجواب إنَّ عددها غير محدود. وعند الانفجار كان الأفق ـ بصورةٍ أو بأخرىٰ ـ نقطةً أصغر بكثيرٍ جداً من الكون.

مستمراً إلىٰ ما لانهاية في مطّ المسافة الفاصلة بين شعاع الضوء ونقطة الانطلاق.

وهكذا يفتح التوسُّعُ الانفجاريُّ الآفاق. إنَّ الكون المرئيَّ اليوم بأكمله كان قبل التوسُّع الانفجاري جزءاً صغيراً جداً من الكون في حالة احتكاكٍ سببيّ causal contact وما كان يبدو مناطقَ منفصلة يُحتمل أن تكون قد تواصلت إحداها بالأخرىٰ. ووصلت إلى درجة حرارة موحَّدة، بأسلوبٍ يشبه ما يحدث عند مزج ماءٍ باردٍ وآخر حارٍّ للحصول على ماءٍ فاترٍ ذي درجة حرارة واحدة في كلِّ أجزائه. ثم إنَّ هذه الرقعةَ الصغيرة المتجانسة قد تعاظمت بفعل فورةٍ من التمدُّد الانفجاري متحوِّلةً إلىٰ منطقةٍ هائلة الاتساع، أكبر بكثير من الـ 45 بليون سنة ضوئية التي لا نستطيع رصدها اليوم. ويُذكر أنَّ مشكلة الأُفق لا تظهر إلا إذا سلَّمنا بتوسُّع انفجارٍ عظيم حارٍّ قياسي منتظم رجوعاً عبر الزمن ووصولاً إلى اللحظة «صفر». فإذا أدخلْنا ـ بدلاً من ذلك ـ حقبةً وجيزةً من التوسُّع الانفجاري في عُمر الكون الحديث النشأة لتمكَّنّا من حلّ مشكلة الأفق.

أما مشكلة التسطُّح flatness problem فهي الفريسة التالية للتوسُّع الانفجاري. وقد رأينا آنفاً أنَّ للثابت الكوني خصائصَ غير اعتياديةٍ تختلف عن كل ما نعرفه من خبرات حياتنا اليومية؛ فمن صفاته أنه تنافريٌّ من الناحية التثاقلية، وهو إلىٰ جانب ذلك يُبدي نمطاً آخر من السلوك الغريب يتمثَّل في أنَّ كثافةَ طاقته لا تخفّ بفعل التوسُّع، بل تبقى ثابتة.

وتصبح الأشكالُ المعتادةُ للمادة أقلَّ تركيزاً إذا وُضعت داخل علبة، ثم توسَّعَ حجم العلبة متيحاً لمحتوياتها الانتشار بداخلها. وكما يصحُّ ذلك على رقائق الذّرة المحمَّصة، يصحُّ على الغبار الكونيّ الذي تقدَّم ذكره. فإذا ضاعفتَ حجماً مقداره مترٌ مكعَّبٌ واحد ويحتوي علىٰ كيلوگرام واحدٍ من الغبار الكوني، انخفضت كثافته إلى النصف. صحيحٌ أنه مازال لديك كيلوگرام واحد من الغبار، إلا أنَّ كثافته أصبحت نصف كيلوگرام لكل مترٍ مكعب لمّا صار الغبارُ يشغل ضعفَي الحجم.

وليس الأمر كذلك مع لامدا: ففي ظروفٍ مماثلة سيبقىٰ لديك 1 كيلوگرام لكل مترٍ مكعبٍ من لامدا في أرجاء الحجم الذي لديك وهو 2 متر مكعب، حيث أنك خرجتَ بـ 2 كيلوگرام من لامدا حين لم يكن في بادئ الأمر سوىٰ 1 كيلوگرام. إنَّ علبةً من لامدا تحتوي علىٰ العدد نفسه من الكيلوگرامات في كل مترٍ مكعب، حتىٰ عند مضاعفة حجمها لكي تتَّسع لضعفي الكتلة أو الطاقة الأوَّليَّتين.

وقد تقدَّم لنا أنَّ هذه السِّمة غير الاعتيادية ناشئةٌ عن أنَّ لامدا مادةٌ متوتِّرة جداً، حيث يعمل التوسُّع علىٰ تنشيط فيضِ لامدا ومَدِّه بالطاقة، بصورةٍ تشبه ما يراكمه شريطٌ مطّاطيٌّ من طاقةٍ عند نَشْرِه. ولكن في حين لا يتجاوز الأثرُ في الشريط إسهاماً محدوداً جداً في طاقته الداخلية، فإنَّ توتُّرَ لامدا عالٍ جداً بدرجةٍ تحمل تراكمَ طاقةِ التوتُّر علىٰ تعويض خفّة التركيز المرافق للتوسُّع؛ فالتوسُّع يُخفِّف من تركيز طاقة لامدا، ثم يسدُّ التوتُّرُ النقصَ تماماً.

إنَّ هذا التباين بين سلوك لامدا والمادة الاعتيادية هو الذي أدّىٰ إلىٰ بروز مشكلة الثابت الكوني؛ إذ إنَّ وجود أثارةٍ ضئيلةٍ من لامدا ما يلبث أن يفضي إلىٰ كونٍ ليس فيه إلا لامدا. أما التوسُّع الكوني فيضمن أنَّ كلَّ كمية المادة الطبيعية سيخفُّ تركيزُها، في حين تبقىٰ كثافة لامدا ثابتة. وسرعان ما سيخلو الكونُ إلا من لامدا التي ستحكم الكون إلىٰ الأبد.

ومسألة لامدا شبيهةٌ من بعض الوجوه بمشكلة التسطُّح؛ فكلتاهما تَبرزان من نزعةٍ تحكُّميةٍ للتقوُّس أو للامدا. ولعلك تذكر أنَّ مشكلة التسطُّح هي عدم توازن نموذج فريدمان المسطَّح؛ فالنماذجُ الكونية المتجانسة قد تكون مسطَّحةً أو كرويةً أو مفتوحة (تُسمَّىٰ أيضاً شبه كرويّة). وقد وُجد أنَّ النماذج الضئيلةَ التكوُّر يتزايد تقوُّسها أكثر فأكثر وبصورةٍ عنيفة، إلىٰ أن تنغلق علىٰ نفسها في حادثة انكماشٍ عظيمٍ مثيرة. وتمعن النماذجُ المفتوحةُ في انفتاحها إلىٰ حدٍّ يجعلها تنتهي إلى خواءٍ عقيمٍ، خِلوٍ من أيِّ مادة. وفي الحالتين كلتيهما ينزع

وليس الأمر كذلك مع لامدا: ففي ظروفٍ مماثلة سيبقىٰ لديك 1 كيلوگرام لكل مترٍ مكعبٍ من لامدا في أرجاء الحجم الذي لديك وهو 2 متر مكعب، حيث أنك خرجتَ بـ 2 كيلوگرام من لامدا حين لم يكن في بادئ الأمر سوىٰ 1 كيلوگرام. إنَّ علبةً من لامدا تحتوي علىٰ العدد نفسه من الكيلوگرامات في كل مترٍ مكعب، حتىٰ عند مضاعفة حجمها لكي تتَّسع لضعفي الكتلة أو الطاقة الأوَّليَّتين.

وقد تقدَّم لنا أنَّ هذه السِّمة غير الاعتيادية ناشئةٌ عن أنَّ لامدا مادةٌ متوتِّرة جداً، حيث يعمل التوسُّع علىٰ تنشيط فيضِ لامدا ومَدِّه بالطاقة، بصورةٍ تشبه ما يراكمه شريطٌ مطّاطيٌّ من طاقةٍ عند نَشْره. ولكن في حين لا يتجاوز الأثرُ في الشريط إسهاماً محدوداً جداً في طاقته الداخلية، فإنَّ توتُّرَ لامدا عالٍ جداً بدرجةٍ تحمل تراكمَ طاقةِ التوتُّر علىٰ تعويض خفّة التركيز المرافق للتوسُّع؛ فالتوسُّع يُخفِّف من تركيز طاقة لامدا، ثم يسدُّ التوتُّرُ النقصَ تماماً.

إنَّ هذا التباين بين سلوك لامدا والمادة الاعتيادية هو الذي أدّىٰ إلىٰ بروز مشكلة الثابت الكوني؛ إذ إنَّ وجود أثارةٍ ضئيلةٍ من لامدا ما يلبث أن يفضي إلىٰ كونٍ ليس فيه إلا لامدا. أما التوسُّع الكوني فيضمن أنَّ كلَّ كمية المادة الطبيعية سيخفُّ تركيزُها، في حين تبقىٰ كثافة لامدا ثابتة. وسرعان ما سيخلو الكونُ إلا من لامدا التي ستحكم الكون إلىٰ الأبد.

ومسألة لامدا شبيهةٌ من بعض الوجوه بمشكلة التسطُّح؛ فكلتاهما تَبرزان من نزعةٍ تحكُّميةٍ للتقوُّس أو للامدا. ولعلك تذكر أنَّ مشكلة التسطُّح هي عدم توازن نموذج فريدمان المسطَّح؛ فالنماذجُ الكونية المتجانسة قد تكون مسطَّحةً أو كرويةً أو مفتوحة (تُسمَّىٰ أيضاً شبه كرويّة). وقد وُجد أنَّ النماذج الضئيلة التكوُّر يتزايد تقوُّسها أكثر فأكثر وبصورةٍ عنيفة، إلىٰ أن تنغلق علىٰ نفسها في حادثة انكماشٍ عظيم مثيرة. وتمعن النماذجُ المفتوحةُ في انفتاحها إلىٰ حدٍّ يجعلها تنتهي إلى خواءٍ عقيمٍ، خِلوٍ من أيِّ مادة. وفي الحالتين كلتيهما ينزع

التقوُّسُ إلىٰ الهيمنة علىٰ المادة، ويكون النتاج شيئاً مختلفاً تماماً عن الكون الذي نعيش فيه.

هذه خلاصةٌ للأفكار التي سبق أن أوردناها. لكنّي أحبُّ أن أسترعي انتباهك الآن إلىٰ أمرٍ مهمٍّ لم أتطرَّق إليه من قبل، ذلك أنَّ مشكلتَيْ التسطُّح ولامدا تتعلَّقان بطبيعة التقوُّس ولامدا النزَّاعة إلىٰ التحكُّم في المادة الاعتيادية خلال عملية التوسُّع الكوني. ولكن ما شأن المماحكة بين التقوُّس ولامدا فيما بينهما؟ وكيف يمكن أن تتفاعل مسألتا الثابت الكونيّ والتسطُّح؟

وجدَ آلن گوث أنَّ أحد الخصمين يقضي علىٰ الآخر: فنزعة التقوُّس التحكُّمية لا قِبَلَ لها بقوة لامدا الكبيرة. وخلصَ إلىٰ أنَّ الكون المسطَّح لا يفقد توازنه إلا في حالة الصراع بين التقوُّس والمادة الطبيعية. أما في مواجهة لامدا فالتقوُّس هو الخاسر حتماً، بحيث يكون الكون المسطَّح (وكذلك الكون الذي تتحكَّم فيه لامدا) هو السائد. ويبدو وكأنَّ التقوُّس يصبح مخفَّفاً فعلاً عن طريق التوسُّع، ولكن بدرجةٍ أقل من المادة الطبيعية. وبذلك يتحكَّم التقوُّس بالمادة الطبيعية، ويكون في الوقت نفسه محكوماً بشيءٍ غير مخفَّف بفعل التوسُّع إطلاقاً، مثل مادة فائقة التبرُّد أو ثابت كوني.

لكن التوسُّع الانفجاري، وخلافاً للامدا الحقيقي، ليس «دكتاتوراً»، بل إنَّ لامدا الانفجاريَّ التوسُّع هو تقليدٌ زائفٌ لدكتاتوريةٍ حقيقية تنهي تسلُّطها طوعاً عندما «تتجمَّد» المادةُ الفائقة التبرُّد أخيراً. أما التوسُّع الانفجاري فيمثِّل دكتاتورية لامدا متنكِّرةً، لامدا مؤقَّت يضمحلّ إلى مادةٍ اعتياديةٍ عند انتهاء دوره. ولكن مادام هذا المظهر من «الدكتاتورية» نافذاً، تُكبَح فاعليةُ «مستبدٍّ» أقلّ ضراوةً وهو التقوُّس. وعند انتهاء هذه المهمَّة تعود الأمور إلى نصابها. ويتحوَّل «الدكتاتور» إلىٰ مادةٍ طبيعيةٍ وإشعاعٍ في الكون. وهذا بعينه هو الحلُّ العبقريُّ لمشكلة التسطُّح في كونٍ انفجاريِّ التوسُّع.

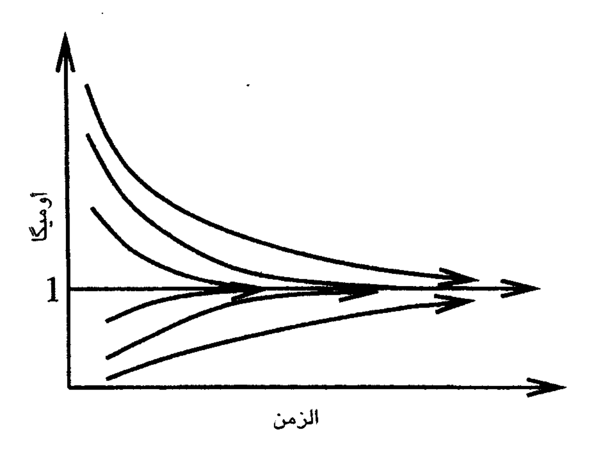
يمكن إذا شئتَ إعادةُ صوغ هذه النتائج باستعمال أوميگا: وهي النسبة بين

الطاقة التثاقلية والطاقة الحركية في التوسُّع الكوني، بالقول إنَّ أوميگا المساوية للواحد عادت متوازنةً بمقتضىٰ قاعدة لامدا، إلا أنها تحوَّلت إلىٰ ما يطلق عليه العلماءُ اسم الجاذب attractor (انظر الشكل 1.6). وهذا صحيح سواء أكان لدينا لامدا حقيقي أم لامدا مؤقَّت (أي توسُّع انفجاري)، وذلك مشروطٌ فقط بأن يكون لامدا ذا توتُّرٍ عالٍ جداً، من ثم غيرَ مخفَّفٍ بفعل التوسُّع.

ثم يتذكَّر آلن مناظرةَ ديك التي حضرها منذ زمنٍ طويل، والتي كان ديك قد ذكر فيها أن استمرار بقاء الكون الذي عُمره ثانيةٌ واحدة حتى اليوم استلزمَ أن تقع قيمةُ أوميگا ما بين 0.9999999999999999 و1.0000000000000001. وسرعان ما اكتشفَ أنَّ مقداراً صغيراً جداً من التوسُّع الانفجاري يُخفِّف التقوُّسَ بحيث تقع قيمة أوميگا للكون الذي عمره ثانيةٌ واحدة ما بين (اكتب عدة صفحات من التسعات)0, و(اكتب عدة صفحات أخرىٰ من الأصفار وأتبعها بواحد إلى يمينها)1,. لقد كان التوسُّع الانفجاري أسلوباً فاعلاً جداً لكبح التقوُّس وفرض درجة الضبط اللازم لحلّ مشكلة التسطُّح.

ومع نهاية التوسُّع الانفجاري يضمحلُّ الكونُ الفائقُ التبرُّد إلى مادةٍ وإشعاعِ كونِ الانفجار العظيم الحارّ الطبيعي، ويتوقَّف الثابت الكونيُّ المؤقَّت، ويفسح التوسُّعُ «الأمفيتاميني» الجَموحُ المجالَ للتوسُّع المتسارع النظامي الخاص بالثقالة الجاذبة. ويستأنَف المسارُ الطبيعي للانفجار العظيم وقد تخلَّص من أسوأ معوقاته، فلم تعد مصادفةً أنَّ الكونَ متجانسٌ عبر آفاقٍ كثيرةٍ غير مترابطة؛ فجميع هذه الآفاق المنفصلة قد اجتمعت الآن في بوتقةٍ واحدة. وعادت مظاهرُ عدم التوازن في نماذج الانفجار العظيم (المسطَّحة منها) لا تؤلِّف مصدرَ قلق، فقد انضبط الكونُ تماماً بتأثير زمنٍ من التوسُّع الانفجاريِّ أضفى عليه عند ولادته التوازنَ اللازم له لمواجهة مظاهر الاختلال التي قد تطرأ عليه في مستقبل عمره.

والمسألة الوحيدة التي لم يحلَّها التوسُّعُ الانفجاريُّ هي بالطبع مسألة لامدا



شكل 1.7 عندما تكون أوميگا مساويةً الواحد يتحوَّل الكونُ إلىٰ جاذب في أثناء التوسُّع الانفجاري، وبذلك يحلُّ هذا التوسُّع مشكلة التسطُّح.

نفسه، التي يقوم عليها التوسُّعُ الانفجاريُّ إلى حدٍّ ما. فإذا وُجِدَ ثابتٌ كونيٌّ دائم إضافةً إلى لامدا المؤقَّت الذي وفَّرته المادّةُ المفرطة التبرُّد، تعذَّر كبح الثابت الكوني عن طريق التوسُّع الانفجاري. هذا مع العلم بأنَّ كثافة طاقة لامدا (الزائف والحقيقي) تبقى في عملية التوسُّع ثابتةً وبنسبةٍ معيَّنةٍ لا تتغيَّر. ويظلّ الخطر ماثلاً من أنَّ لامدا حقيقياً قد يتحكَّم بالكون في أيّ وقتٍ بعد التوسُّع الانفجاري.

لكنَّ المعركة لم تُحسَم بعدُ علىٰ الجبهات الأخرىٰ كلِّها، فكانت الاستراتيجيةُ الجريئة تقضي بالاستعانة بأحد ألغاز الانفجار العظيم في حلّ سائر ألغازه. وهذا يعني من بعض النواحي قَلبَ أبي الهول على نفسه؛ فأبو الهول لم يُهزم تماماً، بل لحقَ به أذىً كبير، ولم يبق معه إلا سلاحٌ واحدٌ فقط. وذلك هو الإنجازُ اللافتُ الذي حقَّقَتْه النظريةُ الانفجاريةُ للكون.

قبل أن أغلق ملفَّ التوسُّع الانفجاري، دعني أضِفْ أخيراً أن كون آلن گوث الفائق التبرُّد قد تكشَّف عن أنه ليس إلا مسانداً لنموذج التوسُّع الانفجاري الحقيقي. وقد تبيَّن أنَّ الاقتراحَ الأوليَّ لگوث كان يُعاني خللاً تقنياً لا يُرجىٰ

إصلاحه. لكن ذلك لا يهمّ أحداً مادام أنه حازَ الفكرَ الأساسية، وإن لم يكن قد اتَّخذ صيغته النهائيةَ مجسَّدةً. ومن المؤسف حقّاً أنَّ الفضل كثيراً ما يُنسَب لا إلىٰ أولئك الذين يخرجون بتصوُّرٍ لنظريةٍ جديدة، بل إلىٰ الذين يأتون بعد ذلك ويُحسِّنون مظهر التفاصيل الدقيقة لما اكتشفه غيرهم. وقد عبَّر ليْ سمولين Lee Smolin عن هذا التناقض متمثِلاً بحالة «روّاد ومزارعين» يستأثر فيها المزارعون وحدهم بكامل الفضل لاكتشاف مناطقَ جديدة. غير أنَّ هذه النزعة المؤسفة لم تَسْرِ علىٰ التوسُّع الانفجاري، فكأنّ مَن اكتشفَ المنطقةَ الجديدة قد نال شرفَ اكتشافه الذي يستحقّه أوفر ما يكون.

وتوخِّياً للإنصاف في مسألة التوسُّع الانفجاري، لا بدَّ من الإقرار بأنَّ مَنْ خلَفَ آلن گوث قدَّمَ أكثر بكثيرٍ من مجرَّد إضفاء لمساتٍ خارجيةٍ نهائيةٍ على مكتَشَفٍ معلوم. فقد أنفقَ علماءُ الفيزياء سنواتٍ من الجهد المضني في تصويب مواطن الخلل في مقترَحات آلن الأولىٰ، إلى أن انتهوا إلى نتائج نوعيَّةٍ مبتكَرة، مقارنةً بما اقترحه آلن أولاً. وهؤلاء الفيزيائيون هم: پول ستاينهاردت Paul Steinhardt ومعاوني المستقبلي آندي ألبرخت Andy Albrecht(*) الذي لم يكن آنذاك أكثر من طالب دراساتٍ عليا. ويُشار إلىٰ أنَّ آلن گوث زيَّن كتابه النفيس: الكون الانفجاريَّ التوسُّع *The Inflationary Universe* بصُوَرٍ للعلماء الذين أسهموا في إيجاد نظرية التوسُّع الانفجاري، ما خلا هذا الرجل الأدنى مرتبة ـ آندي.

وقد استعاضت نماذجُ التوسُّع الانفجاري اليوم عن التبرُّد الفائق بآليّاتٍ أخرىٰ أكثر فاعليةً لتوليد التوسُّع؛ فهي تُدخِل في العادة حقلاً خاصاً هو «وحدة التوسُّع الانفجاري *Inflationary* قادراً علىٰ استنباط زمنٍ للتوسُّع الكوني الانفجاري وحلِّ المشكلات الكونية كلِّها (باستثناء مسألة لامدا) دون الدخول

(*) يُضاف إليهما فيزيائيٌ ثالث من عادته أن يستشيط غضباً إن لم يُذكَر باسمه؛ وها أنا أُحجِم الآن عن ذِكره.

في الحمأة التي ترتَّبَ علىٰ أول نموذجٍ لآلن مواجهتُها. لكن من المؤسف أن أحداً لم يرَ وحدةَ التوسُّع هذه قطّ.

ولوضع الأمور في نصابها أضيفُ أنَّ مشكلة أحاديِّ القطب، التي كانت مصدرَ قلقٍ كبيرٍ لآلن گوث بادئ الأمر، لم تعد مشكلةً كونيةً حقيقية، وهي تؤدي هنا أيضاً دوراً مسانداً لِفِكَرٍ عليا. لكن من المفارقات أن تكون نماذجُ الفيزياء الجُسَيمية، وليس علم الكون، هي الملومة في ظهور المشكلاتِ الأولى لأحاديات القطب. ومَن يدري، فقد يُنظَر إلىٰ الألغاز الكونية نفسِها يوماً على أنها مجرَّد عوامل مسانِدة لا أكثر. لقد حرَّكت هذه الألغازُ عقولَ العلماء، لكن نظرياتِ الكون الفتيّ التي تصوَّروا أنها كفيلةٌ بحلِ هذه الألغاز تجاوزت كثيراً بواعثَ اهتمامهم المبدئي. ولا شك أنَّ هذا ينطبق على التوسُّع الانفجاري، لكنه موضوعٌ آخر قد يستغرق منّا كتاباً كاملاً لو أردنا الخوض فيه.

وأختتم الحديثَ هنا بالقول: إنَّ آلن لم يصبح قطُّ شخصاً مرفوضاً في ميدان الفيزياء. ولم يلبث العلماء، بعد تردُّدٍ مبدئي مبرَّر، أن أدركوا كوامنَ التوسُّع الانفجاري الذي حقَّق بين عشيَّة وضحاها نجاحاً باهراً إلىٰ درجةٍ كانت معها أرقىٰ الجامعات الأمريكية (قبل نشر مقالة آلن في الصحافة العلمية بزمنٍ طويل) تتنافس علىٰ إدراجه في عداد كوادرها الثابتة. لعلك تلاحظ الآن أنَّ لديَّ بعض النزعات الفوضوية، أو أني علىٰ الأقل أستنكر الحدودَ الصارمة للمؤسسة التي غالباً ما نجد أنفسنا مُلزَمين بأن نودع فيها روح إبداعاتنا. إلا أني لستُ شديد التمسُّك بذلك أو الالتزام به شخصياً. إنك لتجد أنَّ المرموقين من الناس يصيبون نجاحاً في بعض الأحيان بمحض المصادفة، وما نجاحُ آلن گوث في عمله بعد أن اتَّبع سبيل التوسُّع الطائش إلا دليلاً على ذلك.

مرَّت السُّنون، وما انفكَّ رواجُ نظرية التوسُّع الانفجاريِّ بين الفيزيائيين في

تنام مستمر. وفي خاتمة المطاف أمسى التوسُّع الانفجاريُّ نفسُه هو المؤسسة. وشيئاً فشيئاً صار السبيلَ الوحيدَ المقبول اجتماعياً لممارسة علم الكون، واستُبعدت كلُّ المحاولات للالتفاف عليه باعتبارها بعيدةً عن ميزان العقل والمنطق.

ولكن ليس على سواحل جلالة الملكة إليزابيث الثانية على كلِّ حال!



القسم الثاني

السنوات الضوئية



7

في صباحٍ شتويٍّ نديّ

علىٰ بُعد نحو مئة ميلٍ إلىٰ الشمال من مدينة لندن يقع امتدادٌ فسيحٌ من أراضٍ منخفضة كانت، قبل أن تُجَفَّف وتُستَصلَح، إلىٰ عهدٍ قريب سِباخاً ومستنقعاتٍ تزفُّ عليها الرياحُ الباردة ويلفُّها علىٰ الدوام جوٌّ كئيب ينمُّ عن بؤسٍ في حياة سكان القرىٰ والدساكر المتناثرةِ في نواحيها. وبالنظر إلى قربها من لندن الجيّاشة حركةً ونشاطاً، توفِّر تلك المناطقُ ـ التي تسمّى فنلاندز Fenlandsمنذئذٍ وهذا المكان يستقطب من الناس مَنْ توفَّرت فيهم الشروطُ اللازمةُ والمؤهِّلة للخروج بأفكار جديدةٍ نيِّرة. ذلك هو المكان الذي انتقلتُ إليه في شهر تشرين الأول/ أكتوبر 1989 لدراسة الفيزياء النظرية. وقد شدَّني ما تتمتع به مدينة كامبردج من مكانةٍ علميةٍ عريقة ترقىٰ إلى نيوتن، وتُعبِّر عن نزعةٍ فطريةٍ إلىٰ العلوم الطبيعية أورثت البلدةَ لقبَ كلية فنلاند المتعدّدة التقنيات Fenland Polytechnic.

تجاذبتني علىٰ الفور مشاعرُ مختلطةٌ عن المكان. غير أني، في غمرة هذا الاختلاط، استطعتُ تمييزَ حافزٍ يدفعني إلىٰ استنباط شيءٍ مختلف، شيءٍ جديدٍ غير مسبوق. وأراني الآن أجد مشقَّةً في نقل أخلاط مشاعر المسرَّة والمسَاءة التي كوَّنتُها من المكان، لكني سأُحاول إيضاحها علىٰ كل حال.

فعلىٰ الصعيد الإيجابي أقول إني أحببتُ من كامبردج قدرتَها علىٰ قبول

الأفكار المختلفة، وأُسلوبَها في تشجيع طرائق التفكير الجديدة والمبتكَرة. فوجودك فيها لا يقف عند حدود التزامك باتّباع منهج مَنْ سبقك إليها من فيزيائيّين أعلام من أمثال پول ديراك وعبد السلام؛ أو في أنَّ عقلية الاعتماد علىٰ الذات التي يفرضها المكان تخلق درجةً عاليةً من الثقة في نفوس المتعلِّمين؛ أو في أنَّ الأخلاقيات البريطانية قد تسمح بالتغاضي عن السلوك السيِّئ إلىٰ حدٍّ يجعل من كلِّ تصرُّفٍ أمراً مقبولاً أو مسموحاً به (حدثَ لي مرَّةً أن ختمتُ إحدىٰ سهراتي بالتقيُّؤ علىٰ مقربةٍ من زوجة أُستاذي، وفي اليوم التالي تصرَّف الجميع وكأنَّ شيئاً لم يحدث)؛ ولا حتىٰ في أنَّ معظم الأساتذة قد بلغوا مرحلةً متقدِّمةً من العمر تفضي بالضرورة إلىٰ سلوكٍ غريبٍ أو مستهجَن. إنها تلك الأمور كلُّها مجتمعة، وغيرها كثير. لكن الشعور السائد هو أنك في بيمارستانٍ تحسُّ وأنت فيه أنك في غير مكانك الطبيعي ما لم تطلع بفكرةٍ واحدةٍ علىٰ الأقل تكون علىٰ طرفَيْ نقيض مع كلِّ ما هو مألوفٌ ومقبول.

ذلك هو الجانب الإيجابي لكامبردج، الذي سيظلّ في ذاكرتي أعتزّ به باعتباره يمثِّل خير سنواتي كباحثٍ زميلٍ في كلية سانت جون(*). إلا أنَّ ثمَّة جانباً آخر لتجربتي في كامبردج أقلَّ جاذبيةً بكثير. فمن العُرف في هذه المدينة أن يتناول أعضاءُ إدارة الجامعة طعامَهم علىٰ «خوانٍ مرتفع» يعلو علىٰ أَخْوِنَة الطلاب علوّاً ظاهراً. وكامبردج هي مكانٌ ارتاده في وقتٍ ما عددٌ كبيرٌ من الناس بقصد الدخول إلى مستشفى الأمراض النفسية؛ ومازلتُ أذكر حفلةَ شاي

(*) قد يُفاجأ مَن لا يعرف كامبردج عندما يعلم أنَّ الجامعة نفسَها لا تقدِّم للطلاب إلا المحاضرات والامتحانات. أما الجوانب الأخرىٰ للحياة فيُمارسها الطلابُ في كلّياتٍ مُلحَقة قد يصل عددُها الثلاثين، حيث يتلقىٰ الطلبةُ دروسَهم ويأوون إلىٰ حجراتهم ويتناولون وجباتهم. ثم إنَّ لكلّ كليّةٍ رئيساً يُديرها يطلق عليه لقب Master؛ ويُسمّىٰ أعضاءُ البحث الأكاديميون من المرتبة العليا بالزملاء *fellows* أو المدرّسين *dons*. أما الكلّيات التي هي أقدم عهداً فشبيهةٌ بقلاع العصور الوسطىٰ من حيث أنها لا تنفتح نحو الخارج إلا عن طريق مجموعةٍ من بواباتٍ كبيرةٍ يقوم علىٰ حراستها جيشٌ من البوّابين الجفاة.

كانت تضمّ كلَّ ضروب الاضطرابات العقلية تقريباً. وهي إلىٰ جانب ذلك لا تبدي ودّاً للنساء ولا للأجانب: إني كأجنبيّ لم أُحبَّ هذا المكان إلا عندما امتلكتُ الثقةَ الكافية للردّ علىٰ مشاعر كراهية الأجانب بالمثل؛ إنها تكرّس أسوأ ما يحمله الماضي البريطانيُّ الطبقيّ، والتراثُ البريطاني الاستعماري بكلّ ما يتّصف به من غلوٍّ وطني.

ولعلَّ في الحادثة البسيطة التي سأرويها لك ما يلخّص هذا المزيجَ الغريب من روح الدعابة والإبداع من جهة، والتنفُّج والتعالي من جهة أخرى. ومع أني لم أشهد الحدثَ شخصياً (لا أدري، فقد لا يكون له أساس من الصحة)، إلا أنه يعبِّر بالتأكيد عن الجوّ العامّ الذي أحاول وصفه. والحدث هو أنَّ طالباً كان ليلةً في حالة سُكْرٍ شديد، فما كان منه إلا أن تسلَّق أحدَ سطوح الكلّية (وهذا في حدِّ ذاته رياضةٌ شائعةٌ جداً) ليبول على رأس بوّابٍ عابر. ولمّا طارده البوابُ اقترف الطالبُ ذنباً آخر عندما وطئ العشبَ، وهذا حقٌّ خاصٌّ بأعضاء الهيئة التدريسية في الكلية حصراً. وقد تعرَّض الطالب للتأنيب والمساءلة من أستاذه المشرف، إضافةً إلىٰ غرامةٍ فُرضت عليه مقدارها عشرون جنيهاً عن وطء العشب وعشرة عن التبوُّل على البوّاب(*).

وحتىٰ لو كانت الحادثة محض أسطورة، فهي ليست الوحيدة في بابها، بل إنَّ ثمة سيلاً من القصص المشابهة، وجميعها صبياني وكريه يدعو إلىٰ السخرية. ومما يلفت النظر أنَّ بعض هذه الحوادث يتولَّد من غرائب توجد في مضمون القوانين التي تؤلِّف النظامَ الأساسي للجامعة والكلّيات، وهي قوانين طال عليها الزمن، دُوِّنت منذ قرون، فغدت اليوم مجموعةً من المفارقات التاريخية. وهذا يؤدي بالضرورة إلى إساءة استعمالها، علىٰ صورةٍ شنيعةٍ من

(*) غنيٌّ عن القول إنَّ البوّابين هم أكثر الناس تعالياً، وهي ظاهرةٌ إنكليزيةٌ محضة يحار في فهمها الأجانب، ويبدو أنها سمةٌ متأصِّلة؛ فقد لاحظتُ مثلاً أنَّ أكثر الناس تمسُّكاً بتطبيق نظام المراتب في الوسط الأكاديمي البريطاني هم طلاب الدراسات العليا المفضية إلىٰ درجة الدكتوراه.

التمييز العنصري أو الجنسي تارة، وعلىٰ صُوَر أخفّ وطأةً وليس فيها أذىً لأحدٍ تارةً أخرىٰ. فليس بإمكان شخصٍ أسود مثلاً أن يتقدَّم اليوم بطلب عضويةٍ إلى كلّية Trinity College إلا بعد أن «يُطَهَّر» أولاً بإخضاعه سنةً كاملةً علىٰ الأقل للحياة الجامعية. وأذكر من المهازل فيما يتعلق بالقانون الجامعي ما سمعتُه يوماً من أنَّ طالباً في قاعة الامتحان أحدثَ حالةً من الذُّعر عندما استشهد بقانونٍ قديمٍ غامض ينصّ علىٰ أنَّ للمُمْتَحَن الحقّ بتناولِ كأسٍ من الجعة [في أثناء الامتحان]. فاستتبع ذلك حالةً من البلبلة جعلت أحد المراقبين يندفع غاضباً إلىٰ حانةٍ قريبةٍ ليُنفِّذ ما ينصّ عليه القانون. علىٰ أنَّ موظفي الجامعة أدركوا ثأرهم من الطالب فيما بعدُ عندما بحثوا في النظام الأساسي وقرّروا أخيراً فرضَ غرامةٍ كبيرةٍ عليه بسبب قدومه إلى الامتحان غير متقلِّدٍ سيفاً!

في غمرة هذا الوسط الخارج عن المألوف وجدتُني أدرس النسبيةَ وعلم الكون، وأكتب بواكير مقالاتي العلمية. وفي الوقت نفسه كنتُ أتعرَّف ألغازَ الانفجار العظيم. وتبيَّن لي أنَّ الأمر لم يقتضِ من العلماء زمناً طويلاً للوصول إلىٰ إجابة تتمثَّل في الكون الانفجاريِّ التوسُّع. وما إن طرح گوث نظريتَه حتى غلبت عليها موجةٌ غامرةٌ من الحميَّة والاندفاع في الأوساط العلمية بَعَثَت روحاً جديدةً في علم الكون حتىٰ اليوم. فقد طُرحت فكرةُ التوسُّع الانفجاريِّ لحلِّ ألغاز الانفجار العظيم، وقد نجحت في ذلك إلىٰ حدٍّ ما. علىٰ أنَّ التوسُّع الانفجاريَّ لم يبلغ درجةَ الحقيقة الثابتة بعد، بل مازال ينتظر أن تُثبتَه التجربة بصورةٍ قاطعة. وكما أشرتُ سابقاً، فإنَّ أحداً لم يرَ توسعاً انفجارياً قطّ. وإلى أن يحصل ذلك، فهناك طرائق بديلة لحلّ هذه الألغاز، ومجالٌ واسعٌ للخلاف بين علماء الكون.

وبالفعل، سرعان ما اكتشفتُ، من موقعي المؤاتي في كامبردج، أنَّ شيئاً ما في الفيزياء البريطانية لا يتقبَّل نظريةَ التوسُّع. وأدركتُ من فوري أنَّ الرفض البريطاني لها ليس مبنيّاً على أساسٍ علميٍّ تماماً، وأنَّ لدىٰ العلماء البريطانيين ما

يقولونه علمياً في هذا الصدد؛ فنظرية التوسُّع الانفجاري ليست قائمةً على معطياتٍ فيزيائيةٍ يمكن اختبار صحَّتها معملياً، بل هي عديمة الصلة بالفيزياء «العملية». غير أني شعرتُ بأنَّ ثمة ما هو أكبر من هذا. ولعلَّ إحساسي كان نابعاً من كوني پرتگالياً، وأنظر إلىٰ الأمر بمنظار شخصٍ دخيل. فبدأتُ أرتاب في أنَّ رفض البريطانيين لنظرية التوسُّع الانفجاري يعزىٰ إلىٰ أنَّ أقرانهم الذين هم أصغر عمراً وعراقةً عبر المحيطات هم الذين سبقوا إليها، ويقضي عُرف التنافس العلمي ألا يَقبل علماءُ الفيزياء البريطانيون النظريةَ حتى يُلزَموا بقبولها إلزاماً بالدليل القاطع.

ثم إنهم لا يملكون نظريةً خاصةً بهم يعرضونها للتنافس؛ فإيجاد بديلٍ لنظرية التوسُّع ليس بالأمر السهل. وبقطع النظر عن ماهية النظرية المبتدَعة، فهي إما أن تبدو شبيهةً جداً بنظرية التوسُّع، وإما أن تكون قاصرةً عن حلّ ألغاز الانفجار العظيم قصوراً كبيراً. وبدأتُ أقتنع بأنه لا يحقّ لي انتقاد نظرية التوسُّع إلى أن أمسي قادراً على تقديم نظريةٍ تنافِسها. فحملني الدافع إلىٰ الخروج ببديل علىٰ صرف همَّتي للتفكير مليّاً بهذه المسائل شهراً بعد شهر، وسنةً بعد سنة، ولكن علىٰ غير طائل.

وفي صباحٍ شتويٍّ نديٍّ خرجتُ أتمشىٰ عبر ملاعب كلية سانت جون، وكنتُ أتفكَّر في مشكلة الأفق وأقول في نفسي كم هي مزعجةٌ تلك المسألة، فلربما لم يتَّضح لك تماماً كم يمكن أن يفتح التوسُّعُ الانفجاريُّ الآفاقَ ويجعلَ الكونَ متجانساً. وأقلُّ وضوحاً من ذلك هو اكتناه صعوبة حلِّ مشكلة الأفق دون الرجوع إلى نظرية التوسُّع. إلا أنَّ عالِمَ الكون المتمرِّسَ لا يخفىٰ عليه أنَّ العقدة تكمن في النظرية نفسِها؛ وإنما ربحتْ نظريةُ التوسُّع لعدم وجود نظرياتٍ أخرىٰ تُنافسها، ليس إلا.

ثم وجدتُني أتوقَّف فجأة، وصار حديثي لنفسي مسموعاً: ماذا لو كان الضوءُ نفسُه، في البدايات الأولىٰ للكون، قد انتقل بسرعةٍ أكبر من سرعته

الآن؟ وكم يمكن أن يحلَّ هذا الاحتمال ـ لو صحَّ ـ من تلك الألغاز؟ وما هو الثمن المقابل لذلك من مفاهيمنا في الفيزياء؟

هبطتْ عليَّ هذه الأفكارُ من السماء مع المطر فجأةً ودون سابق إنذار. لكني سرعان ما أدركتُ أنَّ احتمالاً كهذا قد يحلّ مشكلةَ الأفق. فلنفترض جدلاً أنَّ تغيُّراً حاسماً قد حدث عندما كان عُمر الكون سنةً واحدة، وأنَّ سرعة الضوء قبل ذلك الحدث كانت أكبر بكثيرٍ منها بعده، ولنهمل أيضاً الآثارَ الدقيقة للتوسُّع في تحديد الآفاق، وهي آثارٌ ذات دورٍ مهمٍّ في ظاهرة التمدُّد الانفجاري، وليست كذلك في النماذج القياسية للانفجار العظيم أو لسرعة الضوء المتغيِّرة. وهذا يقتضي أنَّ حجم الأفق في هذا الوقت هو المسافة التي قطعها الضوءُ (وهو ضوءٌ سريع) منذ الانفجار العظيم: أي سنة ضوئية سريعة. وإذا كنّا نجهل ماهيةَ الضوء السريع، فلنفكر في أنَّ الأفق في هذا الوقت كان قطره سنةً ضوئيةً بطيئةً واحدةً فقط، وذلك أصغر بكثير من قطر المنطقة المتجانسة الشاسعة التي نستطيع رصدها اليوم، الذي يبلغ 15 بليون سنة ضوئية بطيئة. من هنا تبرز مشكلة الأفق. لكن لو كانت سرعةُ الضوء السريع أكبرَ بكثيرٍ من سرعة الضوء البطيء لأمكن أن تكون سنةٌ ضوئيةٌ واحدة أكبر بكثير من 15 بليون سنة ضوئية بطيئة. إذن ينبغي أن نقابل بين كل المناطق الشاسعة (في مراحلها المبكّرة) التي نراها اليومَ متجانسةً تماماً، حتىٰ نستطيع بعد ذلك فتح الأبواب لعمليةٍ فيزيائيةٍ تفسِّر تجانُس الكون. ونستطيع أن نفعل ذلك دون الرجوع إلىٰ نظرية التوسُّع الانفجاري.

وأعتقد أنَّ هذه الفكرة قد خطرت في أذهان كثيرٍ من القرّاء عندما استعرضتُ مشكلة الأفق أولَ مرة، وهذا واضح جداً. غير أنّي أعتقد أنَّ الفيزيائيَّ المحترف وحده هو القادر علىٰ إدراك المغالطة الكبيرة التي ينطوي عليها هذا المقترَح، ورفْضه علىٰ الفور من حيث هو. ومع ذلك فإنَّ الفكرة ليست على درجةٍ من البشاعة بالقدر الذي يمكن أن تكون عليه؛ فأنا شخصياً

علىٰ سبيل المثال لم أكن أؤمن بأنَّ أحداً يمكن أن ينتقل بسرعةٍ أكبر من سرعة الضوء، كما لم أقل إنَّ الضوء قابلٌ للتسريع؛ إنَّ كلَّ ما طرحتُه هو أنَّ سرعةَ الضوء (التي يجب أن يُنظر إليها علىٰ أنها حدُّ سرعةٍ موضعي) قد تتغيَّر بدلاً من أن تكون ثابتاً عاماً. صدِّقني إذا قلتُ لك إني كنتُ معتدلاً قدر ما أستطيع، محاولاً الالتزام بمضمون النسبية ما أمكنني ذلك وأنا أُحاول حلَّ مشكلة الأفق دون الاستعانة بنظرية التوسُّع الانفجاري.

وبالطبع، وخلافاً للتوسُّع الانفجاري، كانت نظريةُ تغيُّر سرعة الضوء VSL لا تزال بحاجةٍ إلىٰ إدخال تعديلاتٍ جوهريةٍ على أُسس الفيزياء؛ فهي تتعارض مع نظرية النسبية منذ البداية، غير أني لم أعدَّ ذلك عقبةً كبيرة، بل شعرتُ أنها قد تتكشَّف عن كونها من أولىٰ السِّمات المستحَبَّة في النموذج. وقد جذبني كثيراً إمكان استعمال الكون المنبثق عن الانفجار العظيم في الولوج إلى طبيعة المكان والزمان، والمادة والطاقة، فيما وراء تجربتنا المحدودة نوعاً ما. فلعلَّ الكون يريد منّا أن ندرك أنَّ علم الفيزياء في أساسيات مبادئه الأولىٰ مختلفٌ جداً عما نتعلَّمه من نظرية النسبية. علىٰ الأقل عندما نأخذ في حسباننا درجاتِ الحرارة العالية التي تعرَّض لها الكونُ بُعَيْد حادثة الانفجار العظيم.

لكن أية نظريةٍ علميةٍ إنما تبدأ بفكرةٍ عابرة. وإنَّ وميض الإلهام الذي انقدح في ذهني ذلك الصباح الشتويّ النديّ قد يكون عقيماً لا غناء فيه إذا أُخذ وحده. وأدركتُ أنه يحتاج إلىٰ نظريةٍ رياضيةٍ تُجسِّده وتبعث فيه الحياة. لقد كان ذلك هو الحلّ الواضح لمشكلة الأفق، بل ولسائر ألغاز الانفجار العظيم. ومع هذا فإنَّ الأمر كان يقتضي مراجعة كامل الإطار العام لبنية علم الفيزياء كما أرساه أينشتاين في مطلع القرن العشرين. ويبدو أنَّ مبادرةً كبيرةً بدأت تلوح في الأفق.

كانت بدايةُ الرحلة طالعَ سوءٍ وشؤم؛ فبعد انطلاقةٍ موفَّقةٍ لي مع نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء VSL وجدتُ أنَّ مقامي في البرج العاجي قد أتىٰ علىٰ

نهايةٍ مفاجئة: فالخوان المرتفع [الذي أخبرتك عنه] بات ينذر بالانقلاب بي في سلة المهملات المتمثّلة في البطالة، ذلك أنَّ عضويّتي في الكلّية أوشكت علىٰ الانتهاء، فكان عليَّ أن أبحث عن عملٍ آخر. وكما أنَّ نظرية آلن گوث في التوسُّع الانفجاري ربما كان الباعثُ عليها اضطرارَ گوث إلىٰ إيجاد عملٍ له، فإنَّ نظريتي في السرعة المتغيِّرة للضوء كانت محكومةً بقيدٍ مماثل. لقد كنتُ علىٰ يقينٍ من أني لو صرفتُ كامل طاقتي وهمَّتي إلىٰ العمل في هذا المضمار الأخرق لما وجدتُ أحداً أعمل عنده، إذ تبيَّن لي أنَّ نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء كانت رهاناً خاسراً محفوفاً بالمخاطر، لو مشيتُ في رِكابه لوجدتُ نفسي أبيع مجلة Big Issue(*) خارج أبواب كلية سانت جون.

وإضافةً إلىٰ ذلك كانت نظريةُ السرعة المتغيِّرة للضوء تتكشَّف عن صعوبةٍ في سبر أغوارها؛ فكلَّما أخرجتُها من الدُّرج لأنظر فيها محاولاً تحويل تلك الرؤية الجميلة إلىٰ نظريةٍ رياضيةٍ ملموسة، كانت تواجهني مشكلةٌ تنمُّ عن أنَّ الصيغ والمعادلات لا تحتمل أن يكون الثابتُ c متغيّراً، ثم تظهر لي منها تناقضاتٌ ذاتيةٌ تدفعني في كلِّ مرَّةٍ علىٰ إعادتها إلىٰ الدُّرج يأساً وحنقاً. وكثيراً ما كنتُ أشعر أني بحاجةٍ ماسَّةٍ إلىٰ مَن يعينني ويشدّ أزري، إلىٰ مَن يستجيب لأفكاري ويسدِّد هفواتي ويخرجني مما يعترضني من «مآزق فكرية». وما انفكَّت كلُّ محاولاتي للوقوع علىٰ أيِّ إنسانٍ يُناقشني الرأيَ في نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء تلقى في أحسن الأحوال نظراتٍ جوفاءَ لا معنىٰ لها، وفي أسوئها ضحكاتِ سخريةٍ وعباراتِ استخفاف.

وعارٌ عليَّ حقّاً أن أجد نفسي مضطراً إلىٰ الإقرار بأني استسلمتُ في نهاية الأمر وقطعتُ كلَّ أملٍ بالنجاح، وتمكَّنتُ من اجتياز تلك الأيام العصيبة التي اتَّسمت بعدم الاستقرار المهني وأنا أكبت في نفسي نظريةَ السرعة المتغيِّرة للضوء، مؤثِراً ألا أُفكّر فيها أو أتحدَّث عنها. وليس ذلك هزلاً، بل هو الحقيقةُ

(*) مجلة يقوم علىٰ تحريرها وبيعها المشرَّدون الذين لا مأوىٰ لهم في بريطانيا.

بعينها؛ ولا غرو، فنحن جميعاً من لحم ودم، ونحن عرضةٌ لأن نُعاني من مظاهر قلقٍ مادّي كثيراً ما تتملّك حياتنا. ولعل الأمر المخجل حقاً يتمثّل في نظام تركيب المجتمع المهيّأ للإنتاج التقليدي، علىٰ حين أنَّ الأمر المستغرَب يتمثّل في أنَّ الناس فيه لا يزال لديهم أحياناً فكراتٌ جديدةٌ يعرضونها.

وفي أُمسيَّةٍ من شهر أيار/مايو سنة 1996، كنتُ أسيرُ في متنزَّه كينگز پاريد King's Parade وأستعرض ما وردني من رسائل على الطريق عندما جاء الفرج: فقد عُرِضت عليَّ عضويةٌ متقدِّمةٌ في الجمعيَّة الملكيَّة Royal Society. لم يكن ذلك يعني لي سوىٰ شيءٍ واحد هو الحرّية! أن أفعل ما أشاء حيثما أشاء وكيفما أشاء، وأنا علىٰ ثقةٍ من أنَّ أحداً لن يزعجني طوال عشر سنواتٍ علىٰ الأقل. كدتُ أطير فرحاً؛ فقد بات بإمكاني الآن أن أُوفِّر لنفسي الجوَّ الملائم لشخصٍ علميٍّ رومانسيٍّ علىٰ أقلِّ تقدير، وهي سلعةٌ غاليةٌ وعزيزة المطلب هذه الأيام.

في هذه المرحلة توطَّدت علاقتي مع آندي ألبرخت، وكنّا قد تشاركنا من قبلُ في كتابة ثلاث مقالات. فعزمتُ على الالتحاق به في لندن، ولا شك أنَّ سبع سنواتٍ من المكوث في كامبردج كانت جدّ كافيةٍ لي. ومن عجب أني لم أذكر نظرية سرعة الضوء المتغيِّرة لآندي من قريبٍ أو بعيد؛ إلا أنَّ حدثاً مثيراً وقع ذلك الصيف وكان من شأنه أن يربطنا معاً لسنواتٍ قادمة.

فقد نَظَّمت جامعةُ پرِنْستون Princeton University، وبالأسلوب الطنّان المتَّبع في مثل هذه المؤسسات، مؤتمراً في علم الكونيّات احتفاءً بالذكرىٰ الخمسين بعد المئتين لتأسيسها. ولم تخصِّص الجامعة أموالاً تُذكر لتنظيم المؤتمر بباعثٍ من قناعتها بأنَّ سمعتها العريضة تكفي وحدها للوفاء بالمراد. وفيما كنتُ أجوز حرمَ جامعة پرنستون، (وهو صورةٌ كبيرةٌ يرثىٰ لها لكنيسة كينگز كوليدج (كامبردج)، استعرضتُ في ذهني كم تُقَلِّد الولاياتُ المتحدة أسوأَ ما في الحضارة البريطانية، ولا سيما غطرستها الأكاديمية.

كانت الجامعةُ موفَّقةً علىٰ الأقل في اختيار الشخص الذي عُهِدَ إليه أمرُ



آندي ألبرخت Andy Albrecht، عندما التقينا أول مرَّة.

تنظيم المؤتمر، وهو نيل تورُك Neil Turok الذي آلىٰ علىٰ نفسه أن يجعل من هذا الملتقىٰ مسرحاً للجدل والخلاف. وأعتقد أنَّ نيل كان يقصد من ذلك أن يرىٰ الدمَ مسفوحاً؛ آية ذلك أنه نظَّم اللقاءَ علىٰ صورة «محاورة» بين فرقاء متخالفين في الآراء يتناولون جوانب من علم الكون مازالت قمينةً بأن تُحدِث لغطاً شديداً. ومع أنَّ كلمة «محاورة» هي في الحقيقة تعبيرٌ لطيفٌ لواقعِ علماءَ يسعىٰ كلٌّ منهم إلىٰ النَّيْل من صاحبه، فإنَّ هذا الشكل كان ملائماً تماماً. ولكي أجعلك تعيش ذلك الجوّ سأصف لك ما جرىٰ في إحدىٰ جلسات المؤتمر.

من الموضوعات التي اختيرت للبحث تقديمُ الدليل علىٰ تجانُس الكون كما أظهرته دراساتُ المسح المَجَرّي. وعلىٰ الرغم من كل ما ذكرتُه لك آنفاً في معرض وصفي لنتائج تجارب هَبِل، فإنَّ خير دليلٍ علىٰ تجانُس الكون هو الإشعاع الكوني، علماً بأنَّ الفهارس المجرّية لا تزال مسألةً خلافيةً تتعدَّد فيها الآراء. والواقع أنَّ فريقاً إيطالياً من العلماء أجرىٰ دراساتٍ تحليليةً لتلك الخرائط وانتهىٰ إلىٰ أنَّ الكون غير متجانس على الإطلاق، بل إنه يؤلِّف كُسوريَّة fractal فإن صحَّ ذلك، كان هذا الكتابُ جديراً بالحرق، وكان كلُّ ما قيل عن علم الكون المبنيّ علىٰ الانفجار العظيم جديراً بالنسخ.

ومن البديهي أن تُطرَح هذه المسألة جانباً حالما تتوفَّر خرائط بديلة تحتوي علىٰ جماهر مجرّية أكبر، ولعلَّ ذلك يكون قريباً. أما في الوقت الحاضر فإنَّ «الجماهر الكُسورية fractal people» (وهذا هو الاسم الذي باتت تُعرف به) تؤدّي دوراً أساسياً في علم الكون، وهو فرض عنصر الصحة: فإذا أردتَ تحسين مظهر معطياتٍ رديئة، فمن السهل أن تبدأ بافتراض صحة مقولة التجانس وأنت تقوم بتحليل تلك المعطيات، وسترىٰ بعدُ كيف أنها تتراءىٰ حسنةَ المظهر. من هذا الوجه يتبيَّن أنَّ «الجماهر الكسورية» ذاتُ أهميةٍ خاصةٍ في عرض بعض الطرائق التحليلية في علم الفلك وفقاً لما يُفترَض أن تكون عليه. أقول ذلك وكلّي أمل في أن تكون فكرة الجماهر الكسورية خطأً جملةً وتفصيلاً.

وفي مؤتمر برنستون، دافَع رئيسُ المجموعة الإيطالية لوسيانو بيترونيرو Luciano Pietronero عن آرائه بجدارة لافتة، في حين قصر نصيرُ فكرة التجانس عن مجاراته لأنه لم يكن مستعدّاً الاستعداد الكافي، ظنّاً منه أنَّ الأمرَ جِدُّ يسير، ففوجئ بما لم يكن يحتسب. وهكذا استطاع بيترونيرو ـ وهو يدافع عن باطل ـ أن يكون أقوىٰ حجّةً وأقومَ منطقاً.

ونوقشت في المؤتمر مسائلُ أخرىٰ كثيرة تخلَّلتها مشادّاتٌ ومنغِّصات مشابهة. ولا أزال أذكر مناظرةً تناولت موضوعَ سرعة تمدُّد الكون، أي القياساتِ الحاليةَ لثابت هَبِل. فمع أنَّ المتناقشين كانوا قاب قوسين من بلوغ الحدّ الأدنىٰ من الاتفاق في الرأي، لم يَحُلْ ذلك دون احتدام جدلٍ صاخبٍ تبادلوا فيه الشتائم والإهانات.

ولشدَّ ما كانت دهشتي كبيرةً إذ وجدتُ أنَّ جوَّ المؤتمر ـ وخلافاً لما توقَّعتُ ـ كان علىٰ وجه العموم مثيراً يهزّ المشاعر، فقد طُرِحَت القضايا الأساسيةُ علىٰ نحوٍ مُحدَّدٍ واضح المعالم، وقام نيل بضبط النظام ومنع خروج المنتدىٰ عن زمام السيطرة، مستعيناً بجهاز تنبيهٍ ضخمٍ قديم الطراز جهير

الصوت، يصمّ الآذان عند إطلاقه كلما تجاوز متحدِّثٌ الزمنَ المحدَّد له أو حاول أن يستأثر بالأضواء.

علىٰ هذه الخلفية أُثيرت المسألةُ التالية: هل التمدُّد الانفجاريُّ يمثِّل فعلاً الإجابةَ النهائية عن كلِّ التساؤلات المتَّصلة بعلم الكون؟ لقد تميَّز اليومُ الذي طُرِحَت فيه المسألة علىٰ بساط البحث بامتداد المناقشات وانتقالها من المسرح إلىٰ جمهور الحضور أنفسهم، فأدّىٰ ذلك إلىٰ حدوث اهتياجٍ صاخبٍ غير منضبط، مفتوحٍ للجميع، كاد ينقلب إلىٰ شجارٍ بالأيدي. وكما هي العادة، بدا المحيط الأطلسي هو الخط الفاصل بين الآراء.

في ختام هذا اليوم العصيب تبادلتُ أطراف الحديث مع آندي ومع باحثةٍ أخرىٰ في علم الكون هي رُوْث دورر Ruth Derrer حدَّثَنا آندي عن هاجس حياته، وهو أن يجد بديلاً للتمدُّد الانفجاري. وقد كنتُ أسلفتُ لك أنَّ إحدىٰ المقالات الثلاث المهمَّة في التمدُّد الانفجاري كانت أيضاً أولىٰ مقالات آندي العلمية التي كتبها أيامَ كان طالبَ دراساتٍ عليا بالتعاون مع أُستاذه المشرف پول ستاينهاردت Paul Steinhardt وقد أدرك آندي أنَّ أفكاره الابتدائية لا يمكن أن تصلح جواباً للمشكلات الكونية كافة. لكن إن لم يكن التمدُّدُ الانفجاريُّ هو الجواب، فماذا عساه أن يكون؟ وأقرَّ بأنه في حيرةٍ شديدةٍ حتى بعد كل هذه السنوات؛ فمحاولاته بعضُها كان يبوء بالفشل، وبعضها يتبيَّن أنه لا يعدو أن يكون تمدُّداً مقنَّعاً. وطلب منّا أن ندلي بأفكارنا.

بادرتْ رُوْث بمحاولةٍ لتقديم تفسير، إلا أنها ـ وللأسف ـ بدت تابعةً لمدرسة تورك لحلّ ألغاز الانفجار العظيم. فقد تكرَّر استعمالها لكلمة «شيء ما» كثيراً، مقروناً بسيلٍ عارمٍ من الإيماءات. ثم عرضتُ بإيجازٍ فكرةَ نظريتي في السرعة المتغيِّرة للضوء، وما إن فعلتُ حتى سادَ صمتٌ مخيف: فقد ظنّا أني أمزح، ولم يريا فيها مزحةً لطيفة؛ فقد بدا صمتاً يحاكي ذاك الذي يلي نكتةً فاترة. واقتضىٰ الأمرُ منهما برهةً قبل أن يُدركا أني جادٌّ فيما أقول. أما أنا فقد

بتُّ معتاداً علىٰ هذا النمط من الاستجابة، ولم أشعر تجاهه بأي حرج. غير أنَّ أمراً واحداً فقط بدا لي غريباً، وهو أني قرأتُ وميضاً خافتاً في عينَيْ آندي.

يُقال أحياناً إنَّ العلماء ينفقون أوقاتهم في حضور مؤتمراتٍ في أمكنةٍ استثنائية، يُبدِّدون الأموالَ العامة ويقضون أوقاتاً سعيدة لاهين. ولطالما تمنّيتُ أن يكون ذلك كذلك. صحيحٌ أنَّ المؤتمرات كثيراً ما تكون مضيعةً للوقت والمال، إلا أنها أيضاً مُمِلَّةٌ ومُضجِرة إلىٰ حدٍّ بعيد. ومع ذلك فلا بدّ أن تجد من حينٍ لآخر مؤتمراً علمياً مُفيداً حقاً ويفضي إلىٰ علم جديد، ولعلَّ مؤتمر برنستون يندرج تحت هذا الاستثناء من وجوهٍ كثيرةٍ يهمّني منها أنه يمثّل نقطةَ التحوُّل في نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء. لقد نجحتُ أخيراً في العثور علىٰ شخصٍ يُماثلني في أُسلوب التفكير، ويشاطرني النظر في المسألة.

أمضيتُ شهرَيْ تموز/ يوليو وآب/ أغسطس 1996 مقيماً في بيركلي، واتَّفق وجود آندي هناك أيضاً، لكنه كان منشغلاً بتأليف كتابه العلمي الشائع المتعلق بسهم الزمن arrow of time، في الوقت الذي كنتُ فيه عاكفاً علىٰ إنجاز مشروع آخر مختلف كان يستغرق وقتي كلَّه، فلم أكن ألتقي آندي إلا لماماً. في تلك الأثناء، وفي مكانٍ يُشرف علىٰ خليج سان فرانسيسكو، اتَّفقتُ مع آندي يوماً علىٰ أن نبحث في نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء حال عودتنا إلى لندن.

اعتادنا شعورٌ من خوف ونحن نحاول أن نتلمَّسه. كنا نحسّ بالكابوس الذي ينتظرنا، لكننا أيقنّا أنَّ الوقتَ قد حان فعلاً للخوض فيه، أو هكذا تراءى لي علىٰ الأقل.



8 ليالي گُوا

قضيتُ عشيَّة 31 كانون الأول/ ديسمبر 1997 [ليلة رأس السنة] في مقهى الجاز Jazz في كامدن تاون Camden Town (لندن) ساهراً أستمع لعازف الجاز الأثير عندي كورْتني باينCourtney Pine أطربتني كلماتُه التي أدّاها بصوتٍ عميق مع حلول منتصف الليل، وستبقىٰ مطبوعةً في ذاكرتي ما حييت: «أتمنىٰ للجميع سنةً جديدةً سعيدة، ونحن نودّع سنة انقضت. يا إلهي، لقد كانت سنةً ثقيلة الوطأة عليَّ، لكنَّا تجاوزناها بكل ما فيها؛ لم تكن سهلة، ومع ذلك مازلنا باقين على أيّ حال، نتطلَّع إلىٰ القابل آملين أن يكون خيراً مما فات.» لا أدري كيف كانت مشاعر الآخرين، غير أني ـ وبالنظر إلىٰ ما عانيتُه في السنة الفائتة ـ أتّفق معه تماماً.

بدأتِ السنةُ الجديدةُ هادئةً ضنينةً بالأحداث، وكنتُ قد انتقلتُ إلىٰ لندن في شهر تشرين الأول/ أكتوبر السابق، محاولاً التأقلم مع الوطن الجديد، وكذلك مع المستوىٰ الوظيفي الجديد المتقدِّم الذي صرتُ إليه، والذي منحني بعضَ الميزات؛ فعلى سبيل المثال، إنَّ من الأعمال المستحبَّة عندي أن أكون مُشرفاً علىٰ طلاب الدراسات العليا المفضية إلىٰ الدكتوراه، غير أنَّ بعض المسؤوليات الجديدة، ولا سيما الإدارية منها، كانت تثير حنقي إلىٰ حدٍّ بعيد. فليت شِعري لماذا يُضيِّع الناس جزءاً نفيساً من وقتهم في إعداد دراساتٍ لا يقرؤها أحد؟!

في شهر كانون الثاني/ يناير 1997 عدتُ من إجازة عيد الميلاد التي قضيتُها في البرتگال، لأجد أنَّ نيل تورُك قد انتدبني للاضطلاع بأشقِّ عملٍ على الأرض، بل ربما على سائر الكواكب: فقد أسند إليَّ المهمةَ الشاقَّة المتمثِّلة في إدارة مشروعٍ للمنح واسع النطاق يستغرق نحواً من عشر مؤسساتٍ في شتى أنحاء أوروپا. وهذا يعني أنَّ عليَّ مَلْء كمٍّ هائلٍ من الاستمارات، وكتابة مثل هذا القدر من المقترحات.

وإذا كنتَ تعتقد أنَّ علماءَ الكون يعيشون حالةً متواصلةً من الإثارة الفكرية فأنت لا شك واهم يجدر بك أن تتخلَّص من أوهامك على الفور. فالحقيقة أنَّ استمراريتنا المالية تعتمد كلّياً على هيئاتٍ ومؤسساتٍ مُغْرِقةٍ في البيروقراطية، هي التي ترعى شؤونَ التمويل العلمي، ويُديرها علماء سابقون تجاوزوا سنَّ الشباب المعطاء، فباتتِ تلك المؤسساتُ تمارس سلطةً في غير موضعها جَعَلَتْها أشبه بـ «رحبة السَّقَط الفكري.» وترتَّب على ذلك أنّا، بدلاً من إنفاق أوقاتنا في البحث البنّاء وتحقيق اكتشافاتٍ علميةٍ جديدة، وجدنا أنفسنا نهدرُ أوقاتاً طويلةً من الضَّجر والملال في حضور اجتماعاتٍ لا نهاية لها، وإعداد تقارير رتيبةٍ وتقديم اقتراحاتٍ عقيمة، إضافةً إلى مَلْء أعدادٍ كبيرةٍ من الاستمارات التي لا تفعل أكثر من أن تُسوِّغ وجودَ هذه المؤسسات البالية وكوادرها الخَرِفة. ولطالما أحببتُ أن أطلق على استمارات اقتراح المنح اسم «شهادات تكريس وجود سِفاه القوم» الذين لا همَّ لهم سوى افتعال الضرورة لاستمرار وجودهم. وإني لأتساءل: لماذا لا يُقام مأوىً للمسنّين من العلماء الذين أصبحوا غير قادرين على استثمار علومهم بصورة مفيدة؟

في حمأة هذا الغثى والركود الفكري لم يكن لديَّ ما أفعله سوى أن أغبط نيل، الذي استطاع بحنكة أن يختار الوقتَ المناسب للسفر إلى جنوب إفريقية ليوفِّر لنفسه الذريعةَ التي تنأى به عن كلِّ تلك القذارات. لماذا لم أُخطِّط أنا مثله لرحلةٍ إلى القطب الجنوبي في هذا الوقت من السنة؟ أو ربما إلى مجرَّة أندروميدا Andromeda؟ يا لقصور بصيرتي!

إنَّ أحداً لن يصدّقني إذا قلتُ إنَّ لديَّ حساسيّةً فيزيائيةً للروتين الإداري؛ ففي تلك الأيام التعيسة كنتُ أتوجَّه صباحاً إلىٰ جامعة Imperial College فأنظر بوَهَلٍ إلىٰ أكداس الاستمارات الملقاة علىٰ مكتبي، فأتلكأ وأُسوِّف إلىٰ أن يحين وقتُ الغداء، فأتجوَّل في الممرّات الخالية أذْرَعُها بعض الوقت. وأخيراً، ومع بداية ساعات المساء، أُحاول ـ وقد بلغتُ من السأم الغاية ـ أن أعتصر من ذهني عبارةً تافهةً أو عبارتين، مجتهداً في اصطناع روحٍ من الاندفاع لا أحسّ ولو بأثارةٍ منها.

وما إن كنتُ أغادر الجامعة حتى أشعر بالقرف والاشمئزاز حتى من نفسي، بل وإنّي مستعدّ لأتمحَّل شجاراً في الحانات. . أليست هذه حساسيةً فيزيائية؟ ليتني أستطيع إقناع الأطباء بأن يشهدوا بعجزي عن أداء مهامّ ذات طابعٍ إداري روتيني، أيّاً كانت صفتها.

بمثل هذا المزاج السيِّئ كنتُ أُقابل صديقتي كيم Kim في آخر النهار لاحتساء كأسٍ في مكانٍ ما من نوتِنگ هِل Notting Hill ولشدّ ما تكون رغبتي شديدةً في إفراغ ما في ذهني من تلك الصور الكريهة بأي وسيلة. وبالفعل، فقد كانت تختفي كل تلك الصُّور بعد تناول الكأس الثانية. لا يُستغرَب بعد ذلك أن يكون كثيرٌ من الإنگليز مدمنين على المسكرات!

واتّفق أن تكون كيم فيزيائيةً أيضاً، غير أنا كنّا لا نتطرَّق عموماً إلىٰ العلم في أحاديثنا. ومع ذلك شعرتُ ليلةً بالاشمئزاز من نفسي إلىٰ درجةٍ اضطرّتني إلىٰ الخروج علىٰ العادة. والحق أني كنتُ أُحاول نفض الشعور الكريه الذي يحسّ به أيُّ رجل علمٍ عندما يجد نفسه وجهاً لوجه مع البيروقراطية. فلا غرابة في أني اخترتُ من الموضوعات أكثر ما يمكن أن أُفكِّر فيه جنوناً وتطرُّفاً، ألا وهي نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء، أملاً في تسلية نفسي أولاً وقبل أي شيءٍ آخر.

كنتُ قد أَعلمتُ كيم بنظريَّتي هذه من قَبْلُ بصورةٍ عابرة. أما الآن فقد



كيم Kim.

استطردتُ فيها، محاولاً تنميق فكرتي الجامحة بلَبوس نفسيّ. وعندما سألَتْني لماذا تتغيَّر سرعةُ الضوء، أجبتُ بلا تردُّد إنَّ الأمر كلَّه أثرٌ إسقاطي projection effect من أبعادٍ إضافية. ويبدو أنَّ هذه العبارة، التي أفلتت مني دون تفكير، تركت وقعاً غامضاً إلىٰ حدٍّ ما.

إنَّ من نتائج محاولات أينشتاين لدمج قوة الثقالة بسائر قوى الطبيعة ما يسمىٰ بنظريات كالوزا ـ كلاين Kaluza-Klein theories. وحسب هذه النظريات فنحن نعيش في عالَم يزيد عددُ أبعاده عن الأربعة التي نرىٰ (ثلاثة مكانية ورابع زماني). ويقضي أبسطُ نماذجها بأنَّ الزمكان هو في الواقع خماسيُّ الأبعاد: أربعةٌ مكانية وواحدٌ زماني. فإذا كان الأمرُ كذلك، فلماذا لا نرىٰ البُعدَ الإضافي؟ يرىٰ كلاين أنَّ السبب ببساطة هو أنَّ البُعدَ الإضافيَّ صغيرٌ جداً. فإذا أغفلنا الزمن، فإنّا نعيش ـ وفقاً لهذه الصورة ـ علىٰ صفحةٍ ثلاثيةِ الأبعاد تشغل مكاناً رباعيَّ الأبعاد، ونحن جميعاً في وضع تسطُّحٍ يتعذَّر علينا معه الشعور بالفضاء (المكان) الأكبر الذي نحن مندسّون فيه.

قد يبدو هذا المفهوم مُبهماً ويحمل المرءَ علىٰ التساؤل عن الغاية من أن

يكون الكونُ هكذا. لكن أُولىٰ المحاولات لتوحيد قوىٰ الطبيعة كلِّها قد أفادت من هذه الفكرة. وبدون مقدِّماتٍ أو تفاصيل أقول لك إنَّ النكتة وراء ذلك هي تفسير الضوء علىٰ أنه أثرٌ تثاقليّ علىٰ امتداد البُعد الخامس. وتقضي أبسطُ نظريات كالوزا ـ كلاين بأنَّ قوةَ الثقالة هي القوةُ الوحيدة في الطبيعة، وما عداها وهمٌ تولِّده قوةُ الثقالة عندما تتَّخذ مسالك مُخْتَصَرة عبر الأبعاد الإضافية.

ومع أنَّ أينشتاين نفسه كان يقف جزءاً كبيراً من أواخر حياته لهذه القضية، فإنَّ معظم الفيزيائيين لم يأخذوها على محمل الجِدّ، ووسموها علىٰ أنها المثالُ الذي يميِّز المخبَّلين من الفيزيائيين النظريّين. ولعلَّ من المفيد أن نذكر شيئاً عن كالوزا، أحد أصحاب هذه النظريات؛ فهو لم يأسف يوماً لكونه عالِماً نظرياً، وكان يستاء من الأسلوب المتعالي الذي كان يتناول به العلماءُ اللانظريّون شخصَه وآراءه. ولا بُدَّ هنا أن نعيد إلىٰ الأذهان أنَّ الفيزياء النظرية كان يُنظر إليها طوال القرنِ التاسع عشر علىٰ أنها الوجه الأضعف من الفيزياء، فالفيزيائي «الحقيقي» هو الذي يُجري التجارب العلمية. ولا غرو، فالعدد الكبير من العلماء اليهود الذين كانوا وراء التطوُّرات العظيمة في ميدان الفيزياء النظرية في مطلع القرن العشرين يُعبِّر تماماً عن هذه الرؤية النظرية المرتبطة بالنزعة المعادية للسامية، المتفشّية في كل مكان.

على هذه الخلفية، انطلق كالوزا، الذي لا يجيد السباحة، ليدحض ما يحمله تعبير «عالِم نظري theorist» من جَرْسٍ سلبي، وذلك بمراهنة صديق له علىٰ أنَّ بمقدوره تعلُّم السباحة عن طريق قراءة الكتب فحسب. فراح يجمع عدداً كبيراً من الكتب في موضوع السباحة، حتىٰ إذا أحاط بالموضوع «نظرياً» رمى بنفسه في لجَّةٍ عميقة، ومن عجبٍ أنه استطاع العوم!

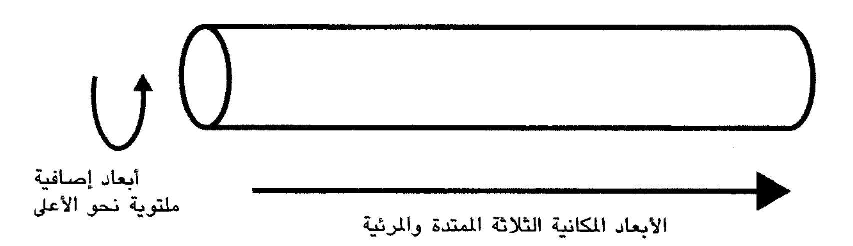
وفي أيامنا هذه لم تعد نظرياتُ كالوزا ـ كلاين مستغرَبةً، بل إنَّ نظرياتِ التوحيد unification الحديثة تستعين بها تلقائياً باعتبار ذلك أمراً مفروغاً منه. وقد بدا لي تلك الليلة وأنا أتحدَّث إلىٰ كيم أن أستعملها لتعزيز نظريتي في

السرعة المتغيّرة للضوء. ولا شك أنَّ الفكرة كانت طريفةً بحيث أنْسَتْني تلك الصُّورَ المقرفة التي عشتُها.

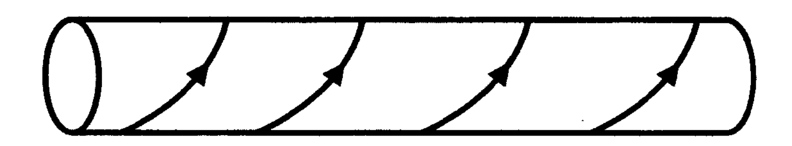
اعتمدت مناقشتي على أن بعض نظريات كانوزا ـ كلاين تقضي بأنَّ البُعدَ المكانيَّ (الإضافي) الرابع ليس صغيراً فحسب، بل ملتوياً نحو الأعلىٰ. وفقاً لهذه الصورة الخاصة فإنا نعيش لا علىٰ سطح صفحةٍ رقيقةٍ (كما تقدَّم)، وإنما علىٰ سلكٍ «طوله» يمثِّل الأبعادَ الثلاثةَ الممتدة المألوفة لنا، ومقطعُه العرضيُّ محيطٌ دائريٌّ صغيرٌ جداً يمثِّل البُعدَ المكانيَّ الإضافي الذي لا نراه. وإذا كان من الصعب تصوُّر ذلك فانظر إلىٰ الشكل 1.8، علماً بأنها ليست فكرتي، بل إنَّ أغلب نظريات كالوزا ـ كلاين الحديثة تعتمد أبعاداً إضافيةً مُنْعَقِفَةً نحو الأعلىٰ.

افترض الآن أنَّ أشعة الضوء تنتقل علىٰ امتداد مُنحنياتٍ حلزونية تدور حول البُعد الإضافي الدائري فضلاً على حركتها الأمامية على طول السلك، أي على امتداد الأبعاد الثلاثة المرئية لنا (الشكل 2.8). يُفهَم من هذا الشكل الهندسي الغريب للكون أنَّ السرعةَ الأساسية والثابتة للضوء هي سرعتُه علىٰ امتداد المنحني الحلزوني لا السرعة التي نراها فعلاً، والتي هي إسقاطه علىٰ «طول» السلك الثلاثي الأبعاد، حيث تكون الزاويةُ أو لَفَّةُ الحلزون هي الرابط بين السرعتين. فإذا تغيَّرت الزاوية، وفقاً لقوىً محركةٍ مفروضة، لاحظنا تغيُّراً في سرعة الضوء علىٰ صورة أثرٍ إسقاطي في إطار نظريةٍ تكون فيها سرعةُ الضوء الأساسيةُ للبُعد الأعلىٰ، عنصراً ثابتاً.

وكانت المشكلة تكمن في تفسير ثبات السرعة الملحوظة للضوء، التي تصل في هذه الحالة إلىٰ تثبيت زاوية الحركة المولِّدة للمنحني الحلزوني. وكانت فكرتي لحلّ هذه المشكلة هي أنَّ هذه الزاويةَ يمكن أن تُكَمّىٰ be quantized كما تُكَمّىٰ مستوياتُ طاقة الذرّة؛ فالنظريةُ الكمومية تقول إنَّ معظم الكمّيات لا يمكن أن توجد إلا علىٰ شكل مضاعفات multiples لمقاديرٍ أساسية غير قابلةٍ للانقسام تسمىٰ الكمّات quanta (وحدات الطاقة الصغرىٰ). ومن ثم



شكل 1.8 الكون المتمثِّل بسلك كالوزا ـ كلاين. يكون الكون وفقاً لهذا المفهوم علىٰ شكل سلك أعلىٰ بُعداً، يتألَّف «طوله» من الأبعاد الثلاثة المكانية التي نراها، والأبعاد الإضافيَّة ملتوية نحو الأعلىٰ.



شكل 2.8 انتشار الضوء في كون كالوزا ـ كلاين السلكي. إذا انتقل الضوءُ ملتوياً حول السلك حلزونياً كانت سرعتُه الفعليةُ أكبر بكثير من السرعة الثلاثية الأبعاد التي نراها. ولو أمكن قسر الضوء علىٰ الانتقال بخطٍّ مستقيمٍ علىٰ امتداد السلك للاحظنا ازدياداً في سرعة الضوء.

فطاقة الضوء في لونٍ معيَّن لا بدَّ أن تكون من مضاعفات كمٍّ صغيرٍ معلومٍ من الطاقة، يتناسب مع طاقة فوتونٍ Photon وحيد مع ذلك اللون. وبالمثل، تنتظم مستوياتُ الطاقة في الذرة علىٰ شكل درجات سلَّم تحتلُّ فيه الإلكترونات المداراتِ التي ينبغي وقوعها ضمن طيفٍ معلومٍ لاختيارات محتملة.

كذلك كنتُ آمل أن تقتصر زاويةُ الضوء الحلزوني في نظرية كالوزا ـ كلاين هذه علىٰ قبول طيفٍ متقطِّع للقيم فقط؛ فكلُّ زاويةٍ مقبولة تفضي إلىٰ سرعةٍ مختلفةٍ للضوء كما نراه، لكن طاقةً كبيرةً يجب صرفها لإحداث قفزةٍ بين

مستوىً كموميٍّ وآخر. ولهذا نجد أنه يتعذَّر نشرُ المنحني الحلزوني لإفساح المجال للكون ليشهد سرعةَ ضوءٍ أكبر إلا إذا بلغَ مستويات الطاقة العالية جداً التي شهدها الكونُ الفتي. أو لعلَّ هذه مجرد أمانيّ.

لم أكن في ذلك الوقت علىٰ علمٍ بهذا، لكنَّ هذه الفكرة ليست جديدةً علىٰ أي حال؛ فمن المعروف منذ زمنٍ طويل أنَّ ثوابت الطبيعة في نظريات كالوزا ـ كلاين (من قبيل شحنة الإلكترون أو ثابت نيوتن التثاقلي) بالنسبة إلىٰ الفضاء الأكبر تختلف عن الثوابت بالنسبة إلىٰ الكائنات الثلاثية الأبعاد من أمثالنا. وترتبط هاتان المجموعتان علىٰ وجه العموم بقياس الأبعاد الإضافية الصغيرة (الذي يحتمل أن يكون مُتغيِّراً). والمشكلة في هذا المنهج هي أنه يصطدم بجدارٍ لا يُخترَق من فيزياء الثقالة الكمومية المجهولة، وهذا ما يجعل التنبُّؤ بسيرورة مثل هذا النموذج أمراً قائماً علىٰ الظن الذي لا يغني عن حقائق العلم الراسخة شيئاً.

وكان نموذجي الخاص أفضل من هذا قليلاً (لكني لا أغضّ من قيمة فكرة الزاوية الحلزونية المكمّاة للضوء)، إلا أنه اصطدم هو الآخر بمشكلاتٍ أخرى. فمثلاً ينبغي أن تكون أدنىٰ حالة طاقة هي تلك التي لا تنطوي علىٰ دورانٍ في البُعد الإضافي، أي إنَّ الحركة مستقيمة لا حلزونية. لكن هذا يقابل أكبر سرعةٍ ممكنة ثلاثية الأبعاد للضوء، في حين أنَّ ما كنتُ أتوخّاه هو عكس ذلك تماماً: أن تكون سرعةُ الضوء أكبر عندما كان الكونُ حارّاً لا عندما كان بارداً. وثمة طرائق للخروج من هذه العقدة، غير أنها بعيدة عن المنطق.

ومع أني لم أُتابع هذه الفكرة حتى النهاية، فقد جعلتني أفكّر الآن تفكيراً جدّيّاً بمسألة السرعة المتغيِّرة للضوء VSL وكشفت لي عن وجوه (غير وافية) لتطبيق النظرية ضمن حدود الفيزياء المعروفة. وبذلك فأنا لم أربح في الصيف الماضي مساعداً يُعينني فقط، بل اكتسبتُ ثقةً بنفسي للمتابعة أيضاً.

بعد ذلك ببضعة أيام عاد نيل من رحلته ليُعاين ضآلةَ ما أنجزتُه من عملٍ في

مهمة مشروع المنح، بل إنَّ ما أُنجز فعلاً لم يكن ذا قيمةٍ تُذكر. كانت كيم تعمل مع نيل آنذاك، وعادت في اليوم التالي من كامبردج لتُخبرني بالانطباع السيّئ الذي تركه أدائي في نفس نيل، وأنه خرج برأيٍ يقول: «لا يمكنك أن تعهد إلىٰ جواو بأيِّ عملٍ إداريٍّ أبداً.»

علىٰ أثر هذه الفكرة المبكّرة، في أثناء شهر كانون الثاني/ يناير 1997، كرَّستُ وقتي كلَّه لنظرية سرعة الضوء المتغيِّرة؛ فقد غدت هذه النظريةُ ـ إلىٰ حدٍّ ما ـ وسيلةً لتطهير نفسي من التلوُّث الذي أصابها مع بداية السنة، إذ وجدتُ فيها الأمان والثقة والحافز علىٰ الاستمرار بكل ما أوتيتُ من طاقة.

لكني كنتُ في هذا المسعىٰ لا أزال أعمل وحدي في الغالب برغم ما اتفقنا عليه آندي وأنا في الصيف الذي سبق. لقد أبدىٰ آندي اهتماماً كبيراً بنظرية السرعة المتغيِّرة للضوء، وأصغىٰ بصدرٍ رحبٍ إلىٰ كل الهراء الذي ألقيتُه عليه، غير أنه كان آنئذٍ على درجةٍ من الانشغال لا تسمح له بالالتفات إلىٰ كلِّ ما له صلةٌ بالعلم؛ فهو الآن رهين ضغوط الروتين الإداري الذي وصفْتُه لك آنفاً، ووصل به الأمر إلىٰ أن يضطرّ إلىٰ حبس نفسه في مكتبه إن هو أراد أن ينجز بعض الأعمال العلمية، ومع ذلك فسرعان ما تتشتَّت أفكاره بطلباتٍ إداريةٍ يتلقّاها حتى وهو يهمّ بالذهاب إلىٰ دورات المياه. أذكر هنا أني اقترحتُ عليه أن يتَّخذ له مبولةً في مكتبه فلم يستمع إلىٰ نصحي.

وبالطبع بدأتُ أشعر بشيءٍ من نفاد الصبر منه، فلقد كانت الغاية من حضوري إلى جامعة إمپريال أن أقوم بنشاطٍ علميّ، لا أن أُدفن في حمأةٍ من الروتين البيروقراطي. لكني علىٰ يقين من أنه كان يشعر بالإحباط أكثر منّي، إضافةً إلىٰ معاناته من تعقيداتٍ في حياته الشخصية تتزايد باستمرار.

كان آندي قد انتقل إلىٰ لندن من شيكاگو مع زوجه وأولاده الثلاثة، لتولّي

منصبٍ في جامعة إمپريال. وسرعان ما أدرك أنَّ ما يُنتَظَر من العلماء البريطانيّين هو أن يحيوا كالنُّسّاك: في حالة فقرٍ مدقع، وشعورٍ بالبؤس قدر المستطاع، ويستحسن عدم وجود أُسرة. وفيما وراء هذا المفهوم تجد المحرَّمات الإنكليزية المتمثّلة في الخوض في الأمور المالية، فالمال من الموضوعات التي لا يجدر بالباحث إثارتها. ويُعتَقَد أنَّ هذا التقليد يرقىٰ إلىٰ عهودٍ سالفة، أيام كان الباحثون البريطانيون كلُّهم سادةً أثرياء.

وعندما توسَّعت التركيبةُ الاجتماعيةُ للوسط الأكاديميّ وتنوَّعت، أخذ الوافدون الجدد من العمّال وأهل الطبقة الوسطىٰ يُقلِّدون أسوأ ما في حياة الطبقة الاجتماعية العليا الارستقراطية، تماشياً مع العادات والتقاليد البريطانية. وكنتُ كلّما تعرَّضتُ في الاجتماعات لموضوع تدنّي الأجور الأكاديمية أشاح الجالسون وأعرضوا وتململوا علىٰ مقاعدهم بانزعاجٍ واضح، وكأن لسان حالهم يقول: كم هو مبتذَلٌ وسوقيٌّ مني أن أتكلَّم في المال؛ فلا يفعل مثل هذه الحماقة إلا إنسانٌ زنجيٌّ وضيع.

يمكن إجمال الموقف الإنكليزي بمثَل سائرٍ مفاده أنَّ حلَّ مجاعة العالَم هو في أن يموت الناسُ جوعاً، لا في أن يُنظَر في وسيلة لإطعامهم. وقد ظهرَ لي أنَّ الناس هنا لا يحبّون أن يكونوا بؤساء فحسب، بل إنهم يكرهون كذلك كلَّ مَنْ يبدو ناجحاً وسعيداً. إني أتذكَّر كيف كانت جامعةُ كامبردج تعرِّض الطلابَ الأوروبيين الميسورين ماديّاً من غير البريطانيين لأقسىٰ الظروف، ويسوّغون ذلك (تصريحاً لا تلميحاً) بأنه إذا كان طلابُ الدكتوراه الإنكليز يعيشون في شظفٍ من العيش، فلماذا لا يكون الآخرون كذلك؟ وهاك مثلاً آخر: فعندما اشتريتُ شقةً جديدةً لي لاحظتُ أنَّ قريباً لأحد طلابي، وكان من قبلُ صديقاً ودوداً لي، قد قلب لي ظهرَ المجنّ فغدا ظاهرَ العداء، وأقرَّ فيما بعدُ بأنه لم يحتمل أن يراني أنأىٰ بنفسي عن العيش في الظروف البائسة نفسِها التي لا يزال يعيشها هو. إنَّ بريطانيا هي الوحيدة من بين بلاد العالَم، التي تصرُّ الغالبية

العظمىٰ من الفئة غير المتعلِّمة من الناس فيها علىٰ أن ينشأ أبناؤهم غير متعلِّمين أيضاً: «فما ارتضيتُه لنفسي فهو خيرٌ لولدي.»(*)

وقد لا تكون مسألةُ انخفاض الأجور الأكاديمية ملحَّةً جداً لأمثالي ممَّن لا يَعُوْلون. ولو كنتَ مُعيلاً لأسرة أو تعيش في مدينة لندن، فإنَّ انتماءك إلىٰ الوسط الأكاديمي سيستتبع حتماً مستوىٰ معيشةٍ منخفضاً بدرجةٍ كبيرة. وفي أسرة ألبرخت، القادمة من الولايات المتحدة، مثالٌ ناطقٌ علىٰ العائلات التي لم تتعافَ من الصدمة قطّ، ولعلَّ البقاء في حالٍ من اليأس الهادئ دون تذمُّر هو شأن الإنگليز؛ أما الأمريكان فليسوا مستعدّين لتحمُّل كلِّ هذا الأذىٰ. إني أعلم أنَّ آندي ما انفكَّ طوال المدة التي قضاها في جامعة أمپريال يتقدَّم بطلبات يتمنىٰ العودةَ إلىٰ الولايات المتحدة لإبعاد أُسرته من ذلك الكابوس. وإضافة إلىٰ هذا الضغط الأُسَريّ كانت المشكلاتُ الإداريةُ في الكلّية مصدرَ قلقٍ آخر له. فإذا كنتُ أنا أشعر بنفاد الصبر، فماذا عسىٰ أن يكون شعورُه هو؟!

ومع ذلك كان آندي، كلما سمح وقتُه، يستمع بمزيدٍ من الاهتمام، بل الحسد، إلىٰ الهذَر الذي ألقيه عليه باستمرار فيما يتصل بنظرية السرعة المتغيِّرة للضوء، مع أنه نادراً ما كان يؤدّي في هذا المضمار دوراً فاعلاً. وفي يوم من شهر شباط/ فبراير 1997 استدعاني إلىٰ مكتبه ثم أقفل الباب، وصرَّح لي بطريقةٍ مسرحية أنَّ الوقت قد حان لنعمل معاً في نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء، وما عدا ذلك فليذهب إلىٰ الجحيم.

وقد كنتُ رأيتُ مثل هذه الفورات من علماء آخرين، ومن نفسي أيضاً. وإنك لتشعر فوراً أنَّ السببَ الوحيد الذي يحملك علىٰ قبول الأجر المنخفض

(*) عندما رويتُ ما أعرف من هذه الحقائق الكثيرة لعاملةٍ اجتماعية من جنوب إفريقية ظنَّت أني أكذب، وقالت إنَّ الناس في الأحياء الفقيرة من جوهانسبرگ، حيث تعمل، ربما يكونون مدمنين علىٰ المسكرات بل ومجرمين، ومع ذلك يحرصون علىٰ تعليم أبنائهم وتخليصهم من دوّامة الفقر ما استطاعوا إلىٰ ذلك سبيلاً.

هو حبُك للعمل الذي تؤدّيه، لكنك تدرك فيما بعدُ أنَّ وقتك كلَّه مستهلَك بالعمل الورقي والإدارة العلمية، إلىٰ أن تصل إلىٰ حدّ الانفجار وتقول في نفسك إنه إذا كان لا بدَّ أن تعطي الأولويةَ لكلِّ هذا السَّقَط فأولىٰ لك أن تعمل في مصرفٍ تتقاضىٰ منه مرتَّباً محترماً. وتتمنّىٰ أنه بعدما تنجلي حقائق الأمور لو ترىٰ أكداساً من الاستثمارات منجرفةً في مجاري دورات المياه، ولتجد نفسك مسترخياً وراضياً ومتصالحاً مع الكون، فتبدأ العمل في أبحاثك بجدٍّ واندفاع، متجاهلاً كلَّ الرسائل الهاتفية التي تركها لك أولئك الحمقىٰ القابعون في مبنى شرفيلد Sherfield Building(*). ثم تسري في الكون موجةٌ قرمزيّةٌ من الحرّية مؤذِنةً بحلول العصر الذهبي. . . إلىٰ أن يصدمك الواقع المرير.

إنَّ العمل العلمي لا يكون بناءً علىٰ قرارٍ رسمي، غير أنَّ تسعة أشهر غزيرة الإنتاج تَلَتْ هذا الحدثَ «التاريخي»، فبدأتُ أزور آندي في مكتبه بانتظام لنتبادل الأفكار. وكان الكثير مما تدارسناه لا يعدو أن يكون هذراً، ومع ذلك فقد أدّىٰ في النهاية إلى نتائج مشجِّعة. كذلك تخلَّيتُ عن فكرتي الأولىٰ المتَّصلة بنظريات كالوزا ـ كلاين لمصلحة ما كنّا نأمل في أن تكون أساليب أكثر وضوحاً ورصانة وأقلَّ تهوُّراً. وشيئاً فشيئاً بدأنا نتَّجه فعلاً إلىٰ شيءٍ بدا شبيهاً بنظريةٍ حقيقية. ولكن هل هي النظرية الصحيحة يا تُرىٰ؟

كنتُ أُلاحظ أنَّ آندي كان في نهاية كل جلسةٍ لنا حريصاً علىٰ أن يمحو كلَّ ما خططناه علىٰ اللوح خشية أن يسرق أحدٌ أفكارنا. ويبدو أنَّ تصرُّفه ذاك مردُّه تجارب شخصيةٌ عاناها في بداية حياته المهنيّة حدت به إلىٰ اتّخاذ كل

(*) مبنىٰ شرفيلد يمثل إدارة جامعة إمبريال، وهو يلتهم مبالغ طائلةً من الأموال العامة، وتتولَّد عنه أطنانٌ من العمل الورقي غير المجدي. وقد ارتأيتُ شخصياً أن لو سُمِح لهم الاستمرار في هدر كلِّ هذه الأموال علىٰ أن تُكَفَّ أيديهم عن أداء أي «عمل» لكان في ذلك خيرٌ كثير. وعلىٰ صعيدٍ أكثر تطرُّفاً، واستناداً إلىٰ نزعاتٍ قديمةٍ في نفسي، فكَّرتُ مراراً في شنّ هجومٍ مدمِّر علىٰ هذا المبنىٰ وكوادره، موقناً أنَّ ذلك يرفع معدَّل حاصل الذكاء في الجامعة ارتفاعاً كبيراً، وسيترتَّب علىٰ ذلك حتماً تحسُّنٌ في نوعية التعليم والبحث.

الاحتياطات الممكنة. ومع أني لم أكن يوماً ميّالاً إلىٰ الارتياب، فقد استحسنتُ منه هذا التغيُّر؛ فقبل بضعة أشهر لم تكن فكرتي قد بلغت درجةً كافيةً من النضوج، أما اليوم فقد غدت فجأةً شيئاً نفيساً جديراً بأن يُصان في خزانة مُحْكَمَة الإقفال إلىٰ أن يحين أوان نشرها مكتملةً علىٰ أسسٍ راسخة. ونتج عن ذلك أن بقيت نظريةُ السرعة المتغيِّرة للضوء، خلال تلك المدة الحرجة من تطوُّرها، مقتصرةً علىٰ آندي وعليَّ حصراً.

إلا أنَّ ثَمَّة أمراً آخر كان مختلفاً أيضاً هو موقف آندي من «المجهول.» فقَبْل عدة أشهر كنتُ عاجزاً تماماً عن إحراز أي تقدُّم: كنتُ كلما أدخلتُ الثابت c متغيِّراً في العلاقات الفيزيائية المعتادة استحال كلُّ شيءٍ إلىٰ لغوٍ رياضيٍّ عديم القيمة، وكنتُ أتوقَّف كاسفَ البال محبَطاً. فكان وقوعي علىٰ شخصٍ آخر أتناقش معه هو غاية المراد، لمساعدتي علىٰ إدراك أنَّ المشكلاتِ الرياضيةَ ليست دلالاتٍ قاطعةً علىٰ تناقضاتٍ حقيقية، بل إنها تعبيرٌ عن محدودية اللغة الفيزيائية المتاحة. فإذا أُخذ هذا في الحسبان أصبح من السهل إدراكُ ما تسعىٰ إلىٰ تقريره تلك العلاقاتُ الفيزيائية المخفِقة، وصار من الممكن بناءُ علاقاتٍ جديدةٍ تستطيع استيعاب التغيُّر في سرعة الضوء بصورةٍ مطَّردة.

وكان لأسلوبِ آندي المتهوِّر أثرٌ حاسمٌ في إحراز هذا التقدُّم. ويتلخَّص موقفه في حرصه علىٰ الخروج ولو بشيءٍ ذي دلالاتٍ كونيةٍ مهمة، فإذا كان أصحابُ نظريات الأوتار string theorists أذكياء حقاً كما يظنّون أنفسهم، فلا بدَّ أن يكشفوا عن التفصيلات فيما بعد.

تركَّزت مناقشاتُنا علىٰ المضامين الكونية لـ c المتغيِّر: وهدفنا هو الوصول إلىٰ نموذجٍ جديدٍ للكون قادرٍ علىٰ تفسير ألغاز الانفجار العظيم، علىٰ أن يكون في الوقت نفسه مختلفاً عن نموذج التمدُّد الانفجاريّ اختلافاً جذرياً. وكان من الواضح أنَّ من غير الكافي مجرَّد التأكيد علىٰ أنَّ سرعة الضوء كانت عند نشأة الكون أعظمَ منها اليوم، وأنَّ ذلك قد حلَّ مشكلةَ الأفق؛ فإنَّ تغيُّر سرعة الضوء

يستوجب ـ منطقياً ـ أن يكون ذا دلالاتٍ أكثر وفقاً للقوانين الأساسية في الفيزياء وفي علم الكون. لقد كنّا بحاجةٍ إلىٰ استنباط طريقةٍ متماسكةٍ رياضياً ومنطقياً للتحقُّق من تغيُّر سرعة الضوء، أيْ أنّا كنّا بحاجةٍ إلىٰ نظرية theory وماذا عن الألغاز الأخرىٰ لعلم الكون المتعلّق بالانفجار العظيم؟ يمكن القول إلىٰ حدٍّ ما إنَّ مشكلةَ الأفق ما هي إلا تمهيدٌ لمشكلاتٍ أكبر.

وهكذا رحنا نتساءل، علىٰ صعيدٍ أعمّ، عمّا يمكن أن يتغيَّر أيضاً إذا تغيَّر الثابت c، وهذه في حدِّ ذاتها مسألةٌ واسعةٌ متعدّدة المجالات أفضت إلىٰ عمليةٍ طويلةٍ استغرقت بضعةَ شهور، واستعرضنا فيها بالتدريج آثارَ تغيُّر c علىٰ معظم جوانب الفيزياء، وانتهينا إلىٰ أنَّ لتغيُّر c نتائجَ وآثاراً علىٰ كلِّ قانونٍ من قوانين الطبيعة.

وكان لا بُدَّ أن تَظْهر في سياق البحث مصطلحاتٌ جديدة استعملناها في معظم المعادلات، ورمزنا إليها بمصطلحات «c المنقوطة» «c-dot-over-c» terms. وقد غدا هذا التعبير نكتةً سائرةً بيني وبين آندي، وهو يشير إلى الصيغة الرياضية لمعدّل تغيُّر سرعة الضوء(*)، علماً بأنَّ أي تعديلاتٍ تطرأ علىٰ الصيغ الفيزيائية المعتادة يجب أن تكون مرتبطة بهذا المعدَّل. فما هي هذه المصطلحات التي غدت مدارَ بحثنا؟ وما هي النتائج الجديدة التي تترتَّب عليها؟

وسرعان ما وجدتني منغمساً في كابوس البحث عن حلولٍ لمصطلحات c المنقوطة إلىٰ درجةٍ جعلتني أضيق ذرعاً بها. صحيحٌ أنا كنّا نحرز تقدُّماً، إلا أنا كنّا أيضاً في حَيْصَ بَيْص: انفتحت أمامنا سُبُلٌ كثيرةٌ مختلفةٌ حِرْنا أيّها هو السبيل المؤدّي إلىٰ الهدف، فكان بالفعل كابوساً حقيقياً. ولا أرىٰ فائدةً كبيرة من أن أُحدّثك عن مناهج عملنا الأولىٰ، ويكفي أن أُشير إلىٰ أنها كثيرةٌ جداً تبيَّن لنا أنَّ معظمها عقيم ويؤدي إلىٰ طُرُقٍ مسدودة. وفي حين كانت أوراق العمل الروتيني

(*) إذا توخّينا مزيداً من الدقة، فالعبارة بالضبط هي c/c.

أكداساً علىٰ مكاتبنا يسقط بعضُها بين الفينة والفينة ـ تلقائياً ـ في سلَّة المهملات، كنّا كلانا مستغرقَيْن تماماً في التفكير في مسألة السرعة المتغيِّرة للضوء، وكثيراً ما نجد أنفسنا في حيرةٍ من أمرنا.

وفي شهر نيسان/ أپريل شعرتُ بحاجتي إلىٰ إنعاش تفكيري وتجديد نفسي والابتعاد كلّياً عن أجواء العمل إلىٰ حين، فاعتزمتُ أن أُغادر لندن مع كيم، ووقع اختيارنا علىٰ گُوا Goa، وهي منطقةٌ بديعةٌ حالمة من الهند الاستوائية طالما صَبَوْتُ إلى زيارتها. كانت گُوا في الماضي مستعمَرةً پرتگالية، إلا أنَّ مُلاّكها المستعمِرين من ذوي النفوذ أُخرجوا منها علىٰ يد الجيش الهولندي في أوائل السِّتينيات من القرن العشرين، وكان خروجهم حَدَثاً سريعاً ولافتاً من بين أحداث تاريخ الپرتگال الاستعماري. ومع ذلك خلَّف الپرتگاليون أثارةً من مظاهر التطوُّر يبرز منها نظامٌ تعليميٌّ لا بأس به قياساً إلىٰ الحال في سائر الهند. وحتىٰ يومنا هذا يعتادك شعورٌ بأن أهل گُوا يطمحون إلىٰ الاستقلال علىٰ أن يكونوا جزءاً من الهند، محافظين علىٰ هويّتهم الثقافية المتميِّزة المشوبة بسِماتٍ پرتگاليةٍ عديدة. وبعضهم مازال يتكلَّم اللغة الپرتگالية ويغنّي الفادو Fado، وهو النموذج الپرتگالي لموسيقا الجاز.

وما إن خرج الپرتگاليون حتى وصل الهِبِّيُّون من كاليفورنيا. ومنذئذٍ وگُوا تحتمل أجيالاً متعاقبةً من أولئك المتطرّفين والمتعصِّبين الغربيّين. وقد أقيمت اليوم مستعمراتٌ شبه دائمة في گُوا راسخةٌ على خريطة البدو الرحَّل لكل شداة الحب والسلام. وعندما زرتُ گُوا أول مرة سنة 1997 كان نشاطها الصاخب في أَوْجِه: من حفلاتٍ على الشاطئ في ضوء القمر البدر طوال الليل، وموسيقا گُوا تنطلق في المحيط الهندي وشتىٰ أنحاء الكون. ذلك هو المكان الذي قصدتُه للراحة والاستجمام.

كانت إقامتنا في مكانٍ يُسمىٰ أنجونا Anjuna هو بمنزلة حديقة حيوانات بكل المعاني الحرفية والمجازية؛ أما بالمعنىٰ الحرفي فهو يزخر بالقطط الضالّة

والكلاب شبه المسعورة والأبقار السارحة على الشواطئ الرملية، وكذلك القرود والضأن والمعز والخنازير وسائر الحيوان. وما أسرع ما اتّخذنا كلباً وفيّاً؛ فكلاب گُوا توّاقةٌ دوماً إلىٰ أن تجد مَنْ يمتلكها لتحمي نفسها من الكلاب الأخرىٰ في المقام الأول. وأما بالمعنىٰ المجازي...

وبينما كنّا يوماً في «مطعم» أفغاني أطلق بعضُ المستهتَرين عروضاً أخّاذة من الألعاب النارية احتفاءً بعيد ميلاد الجدَّة الأفغانية العجوز للأسرة. وتوقَّفت الموسيقا الصاخبة في حين جرىٰ تحقيق الأُمنية الخاصة للجدَّة. وعلىٰ الإفطار ألقت علينا فتاةٌ فرنسيةٌ مخبَّلة خُطَباً مطوَّلةً في الأخلاقيات وشتىٰ فروع الفلسفة الأخرىٰ، فسارعنا إلىٰ إطلاق اسم سيمون دو بوڤوار Simone de Beauvoir عليها.

أما الحفلات الشاطئية الصاخبة فكانت تستمر حتىٰ الفجر، يتخلَّلها مرور طائرةٍ مروحيّة فوقنا تُسلِّط أنوارها الكاشفة علينا محذِّرةً بوضوح من عدم كفاية الأموال التي أُنفقت، ويردُّ عليها الجمع الساهر بتوجيه أشعة الليزر من أجهزتهم إليها.

وكثيراً ما كان الهبّيّون يعزفون علىٰ القيثار ألحاناً للكلاب الحانقة المتوثِّبة هنا وهناك يعضّ بعضها بعضاً داخل الحانات والمطاعم. وقد صار منظر وداع الشمس الجانحة إلىٰ الغروب من علىٰ الشاطئ لا يعدو أن يكون مشهداً اعتيادياً كأيّ مشهد مألوفٍ في الحياة.

ومن الغريب، وخلافاً للهبِّيّين العُراة علىٰ رؤوس الأشجار والمستهترين المتهتِّكين في الملذات، أنك تجد بين سكان گُوا أنفسهم عودةً إلىٰ اتّباع أُسلوبٍ پرتگاليٍّ قديمٍ في الحياة أصبح غيرَ موجودٍ اليوم حتىٰ في الپرتگال ذاتها؛ فصادقتُ بعضَ هؤلاء الأشخاص من أمثال يوستاكويو Eustaquio الذي يملك ببغاءً پرتگالياً كبيراً، وفرانسيسكو Francisco مغنّي الفادو وصاحب مطعم كازا پورتوگيزا. وأذكر بكل حنين السعادةَ الغامرة التي كانت تنتابني علىٰ الطريق

عائداً إلىٰ البيت من مطعمه هذا الساعةَ الخامسة صباحاً بعد أن أتعرَّض لعاصفةٍ استوائية، وأنا أُغنّي الفادو بأعلىٰ صوتي بعيداً آلافَ الأميال عن الحيّ البوهيمي بايرو آلتو Bairro Alto في لشبونة، فتستيقظ لغنائي كلُّ حيوانات گُوا.(*)

ومع ما يبدو من أنَّ ذهن الإنسان قد لا يكون مُتفتِّحاً في مثل هذه البيئة ذات الخصوصية، فلا بُدَّ من القول إني شعرتُ هنا بنشاطٍ في تفكيري أكثر من أيِّ وقتٍ مضىٰ، واعتادتني في أوقات راحتي نفحاتٌ مفاجِئة تتَّصل بالسرعة المتغيِّرة للضوء، فدوَّنتُها باختصار ريثما أعود إلى إنكلترا لأبحث في التفاصيل، فليالي گُوا لا تتناسب تماماً مع إجراء حساباتٍ رياضيةٍ معقَّدة. ورويداً بدأت تجتمع لديَّ فكراتٌ على جانبٍ من الأهمية وتتجسَّد في ذهني. وأذكر أني بعثتُ لآندي بطاقةً بريديةً تحمل صورةً لشاطئٍ تكتنفه أشجار النخيل، وأعلمتُه فيها أني أنفق أوقاتي كلَّها في العمل على مصطلحات «c المنقوطة.» لا شكَّ أنه اعتقدَ أني أمزح، إلا أنَّ ذلك كان صحيحاً ولو جزئياً علىٰ الأقل.

في ساعةٍ متأخِّرةٍ من الليل، وفيما أنا أقضي حاجتي في الخلاء المنفتح علىٰ الفضاء (وهو النوع الوحيد المتوفِّر من دورات المياه في معظم حانات گُوا)، كنتُ أنظر عَرَضاً نحو الأعلىٰ من خلال أشجار النخيل إلىٰ رحاب السماء، فأرصد في ظلمتها امتداداً لا نهائياً من النجوم. إني أُدرك بالطبع أنَّ هذا المكان لا يُمثِّل الوسطَ الشاعريَّ الأمثل للرَّصْد والتأمُّل، إلا أنَّ الصدمة تحلُّ دوماً أشدَّ ما تكون قوّةً، وكأنَّ وزن الكون كله قد سقط في عينيَّ. وعبر جهازٍ لتضخيم الصوت طرقَ سمعي صوتُ إلكتروني يعلن: «عندما تحلم، فليس ثمة قواعد؛ كلُّ شيءٍ محتمل الحدوث، وقد يطير البشر.»

عدتُ إلى لندن مسفوعاً بالشمس جذلان، ونظريةُ السرعة المتغيِّرة للضوء

(*) لعلَّ أدائي في غناء الفادو ما كان ليروق كيم كما راقَ حيوانات گُوا، فكانت تكيل لي ملاحظات التهكُّم دوماً، إلىٰ أن لجأتُ في نهاية الأمر إلىٰ غناء الفادو وأنا أسبح في البحر حيث لا يسمعني أحد.

قد دخلت طوراً جديداً، فأثمرت الملاحظاتُ المختصَرة التي دوَّنتُها في گُوا، وما بدأ مجرَّدَ رؤيةٍ لا تعدو الهَزْلَ تطوَّر الآن إلىٰ ما يُرجىٰ أن يكون نظريةً رياضيةً حقيقية بقطع النظر عن مدىٰ رصانتها. وصارت لقاءاتي الخاصة مع آندي تفتح أمامنا بالتدريج آفاقاً أكثر تحديداً في المشهد الفيزيائي. خرجتْ مصطلحات «c المنقوطة» من المتاهة وأخذت المعالمُ الفيزيائيةُ الجديدة التي ننشدها بالتبلور فعلاً.

ما الذي قد يتغيَّر بعدُ إذا تغيَّرت c؟ لقد انتهينا إلى نتائج بعضُها مثيرٌ حقّاً، ولعلَّ أكثرها مدعاةً للقلق هي أنَّ فكرة انحفاظ الطاقة ـ التي تمثِّل مبدأً أساسياً للعلم منذ القرن الثامن عشر ـ قد اختلَّ؛ إذ أنَّ سرعةَ الضوء المتغيِّرةَ تسمح للمادة بأن تتولَّد وتبيد.

قد يبدو هذا غريباً بادئ الأمر، لكن من السهل إدراكه. وتحقَّق العلماءُ في مطلع القرن العشرين أنَّ انحفاظ الطاقة ما هو إلا طريقة أخرى للتعبير عن أنَّ قوانين الفيزياء يجب أن تبقىٰ كما هي دوماً. ويجدر أن يُعَلَّم هذا الأسلوبُ التجريديُّ للطلبة في المدارس، وإلا ظهرَ مفهوم انحفاظ الطاقة دوماً كأنه أمرٌ خارقٌ للطبيعة. والواقع أنه لا يعبِّر إلا عن اطِّراد الزمن uniformity of time، فنحن نتغيَّر والعالَم من حولنا يتغيَّر كذلك، لكن قوانين الفيزياء تبقىٰ ثابتةً لا تتغيَّر أبداً. وما هي إلا عملياتٌ رياضيةٌ قليلة نجريها حتى نخرج بشيءٍ يتعلق بانحفاظ الطاقة.

إنّا، بتغيير سرعة الضوء، نكون قد خرقنا هذا المبدأ عن طريق قسر قوانين الفيزياء علىٰ التغيُّر. والحقيقة أنَّ سرعة الضوء متأصِّلةٌ في الصيغة الفعلية للقوانين الفيزيائية كافةً، علىٰ الأقل منذ أن عُرِفت نظرية النسبية الخاصة. لذلك لم يكن مستغرَباً تلاشي فكرة انحفاظ الطاقة تماماً. إنّا نتيح لقوانين الفيزياء التطوُّرَ مع الزمن بما يتناقض والمبدأ الأساسي الذي يؤلِّف عمادَ انحفاظ الطاقة. ومن المنطقي، في سياق نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء، ألا تنحفظ الطاقة.

غدا هذا القدرُ واضحاً لي، بطرائق أخرىٰ، في إحدىٰ ملاحظاتي التي كنتُ قد دوَّنتُها في گُوا علىٰ عَجَل. ولا يمكنني أن أُصدِّق أني لم ألحظها من قبل؛ فكلُّ من يملك الحدَّ الأدنىٰ من العلم في الهندسة التفاضلية لا بُدَّ أن يلاحظها علىٰ الفور. وتقضي معادلاتُ أينشتاين أنَّ المادةَ تقوِّس الزمكان، وأنَّ هذا التقوُّس متناسبٌ مع كثافة الطاقة energy density. غير أنه يجب أن يستوفي مجموعةً من المطابقات تسمىٰ مطابقات بيانكي Bianchi identities، وهي ضرورةٌ رياضيةٌ لا صلة لها بالنسبية العامة، وتؤلِّف عبارةً قريبةً من 2=1+1، وتصلح لأيِّ زمكانٍ مهما كانت درجة التقوُّس. ولكن إذا كان التقوُّس متناسباً مع كثافة الطاقة ـ حسب معادلة الحقل لأينشتاين ـ فماذا عسىٰ أن تكون دلالة مطابقات بيانكي علىٰ الطاقة؟ تبيَّن أن هذه الدلالة ليست سوىٰ انحفاظ الطاقة.

رويدك! ذكرتُ لك توّاً أنَّ التقوُّس يتناسب مع كثافة الطاقة؛ وهذا يعني أنه يساوي كثافة الطاقة مضروبةً في عددٍ ما. ما هو ذلك العدد؟ هل هو ما يُسمَّىٰ ثابت التناسب proportionality constant؟ في ثنايا هذا الثابت تتوارىٰ سرعةُ الضوء. وإذا كان ثابتُ التناسب ثابتاً فعلاً فإنَّ مطابقات بيانكي تعني انحفاظ الطاقة؛ وإن لم يكن ثابتاً (كما هو الحال لو لم تكن سرعةُ الضوء ثابتة) فإنَّ هذه المطابقات تتطلَّب في الواقع الإخلال بمبدأ انحفاظ الطاقة. والجدل في هذا الموضوع أكثر تعقيداً من ذلك، ومع هذا فإنَّ ما ذكرتُه لك يحمل سماتِ إحدىٰ ملاحظاتي في گُوا. وقد وجدتُ أنَّ السرعة المتغيِّرة للضوء تعني ضمناً أنَّ الطاقة لا يمكن أن تنحفظ.

كان أمامنا منحنيان للمحاكمة يشيران إلىٰ أنَّ الطاقة لا تنحفظ بمقتضىٰ نظرية سرعة الضوء المتغيِّرة. وعندما أجرينا الحساباتِ اللازمةَ لتحديد مقدار الإخلال الحاصل من ذلك، لاحظنا توافقاً تاماً في المنحنيَيْن. إلا أنا وصلنا ـ آندي وأنا ـ إلىٰ اكتشافٍ باهر.

أظهرت معادلاتُنا أنَّ طريقة تغيُّر محتوىٰ الطاقة الإجمالي للكون تحدِّدها

درجةُ تقوُّس الفضاء. فإذا كانت الثقالةُ تقوِّس الفضاء علىٰ نفسه لتوليد كونٍ مغلق، فإنَّ الطاقة تتبخَّر من الكون؛ وإذا أصبح الفضاءُ سرجيَّ الشكل لتوليد كونٍ مفتوح، فإنَّ الطاقة تتولَّد من الخواء. وطبقاً لمعادلة أينشتاين المشهورة $E=mc^2$ هناك تكافؤ بين الكتلة والطاقة. ولهذا لزمَ استبعاد الكتلة من الكون المُغلق وتوليدها في الكون المفتوح.

ونشأ عن ذلك نتيجة مثيرة. فلعلَّك تذكر أنَّ الكون المغلق تكون كثافةُ كتلته أعلىٰ من الكثافة الحرجة التي تُميِّز الكونَ المنبسط. وعندما يفقد الكونُ المغلَق طاقةً ينخفض فائض كثافة كتلته، ويُدفَع الكونُ نحو شكلٍ منبسطٍ أو حرج. أما الكون المفتوح فيكتسب طاقةً، وهذا يعني ازدياداً في كثافة كتلته أيضاً. لكنا رأينا أنه في كونٍ كهذا تكون الكثافة في أي وقتٍ أدنىٰ من الكثافة الحرجة. لذلك، وبالنظر إلىٰ الاختلال الحاصل في مبدأ انحفاظ الطاقة، فإنَّ أي نقصٍ في كثافة كتلته بالنسبة إلىٰ القيمة الحرجة لا بدّ أن يعوَّض بحيث يُدفَع الكونُ من جديد نحو الحالة الحرجة المنبسطة.

إذن، وبموجب هذا السيناريو، فإنَّ الكون المنبسط أمر حتميّ ولا يمكن أن يكون بعيد الاحتمال. فإذا اختلفت الكثافةُ الكونيةُ عن الكثافة الحرجة المميِّزة للكون المنبسط، عملت اختلالاتُ انحفاظ الطاقة ما يلزم لدفعها من جديد نحو القيمة الحرجة. فقد أصبح التسطُّح بمنزلة وادٍ تسقط فيه طواعيةً كلُّ الأكوان المحتملَة الأخرىٰ، بدلاً من أن يكون حبلَ بهلوان. وفي الكون المنبسط لا تتولَّد المادة ولا تبيد. فها قد اكتشفنا وادياً جديداً للتسطُّح لا يتَّصف بالتوسُّع الانفجاري.

واعتباراً من هذه النقطة كنّا ـ آندي وأنا ـ في سعادةٍ غامرة: فما إن انطلقنا لحلّ أحد الألغاز الكونية (وهو مشكلة الأفق) حتىٰ وقعنا عرَضاً علىٰ حلٍّ للغزٍ آخر بعيدٍ عن هذا الموضوع فيما يبدو (وهو مشكلة التسطُّح). وفي خضمّ هذه «العواصف» الفيزيائية في مكتب آندي اتَّضح لنا أنا حصلنا علىٰ أكثر ممّا توقّعنا؛

فكنّا كلّما تعمَّقنا في الفيزياء أكثر فأكثر انفتحت أمامنا أبوابٌ لحلّ مزيدٍ من المشكلات الكونية، وعلىٰ نحوٍ غير متوقَّع في بعض الأحيان.

وأوضح ما تمكَّنا منه هو أنا استطعنا تفسيرَ منشأ المادة. فمن النظرية التي تحتمل خصائص عويصة من قبيل احتمال أن تكون المادةُ قد تولَّدت نتيجةً لتغيُّر قيمة الثابت c خلصنا إلىٰ تفسير منشأ مادة الكون كلِّها. ولا يندرج هذا في الألغاز التقليدية للانفجار العظيم، بل إنه بالنسبة إليَّ سؤالٌ بالغ الأهمية لا بدَّ أن يكون قد سأله كلُّ فردٍ مرةً علىٰ الأقل: كيف وُجد الكون؟ الجواب في نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء.

كان هذا النجاحُ المبكِّر بدايةَ عملٍ جادٍّ ومتواصل في شهرَيْ أيار/ مايو وجزيران/ يونيو 1997، وقد ثبتَ لنا أخيراً أنّا علىٰ جادّة الصواب، فكان ذلك دافعاً لنا ومشجِّعاً، وكانت مسألةُ السرعة المتغيِّرة للضوء آنئذٍ قد أخذت مني كلَّ مأخذ، فاستحوذت علىٰ اهتمامي، فصرتُ كثيراً ما أقضي الليل ساهراً في مكتبي الصغير في كلية إمپريال، مشتغلاً فيما ظهر لنا من تفاصيل النظرية الجديدة، وكاشفاً عن مزيدٍ من المعالم المثيرة في كل مرحلة. في هذه الأثناء تعرَّفتُ إلىٰ بعض رجال الأمن في الكلية، وأعتقد جازماً أنهم حسبوني شخصاً غريبَ الأطوار. كذلك استرعىٰ انتباهي طالبٌ كان يعمل طوال الليل فكان يبدو مثل الكونت دراكولا Count Dracula. وعندما رأيتُه أولَ مرة يتجوَّل عند النهاية المقابلة للرواق بعد الساعة الثانية صباحاً، تملّكني الشعور بأنَّ روح الاندفاع التي تملؤني بدأت تترك أثراً ضارّاً علىٰ صحتي العقلية.

ومن المؤسف أنَّ مثل هذه الشطحات لا تحدث في دنيا العلم كثيراً، ولكنها إذا حدثت كانت فريدةً فعلاً، وتتميَّز باندفاعٍ غزير للأدرينالين تعسر مجاراته بأي طريقةٍ أخرىٰ. وتساءلتُ: هل هذا هو ما قد يجعل العلماء أشخاصاً مُنْغَلِقين؟ ولعلني بعد هذه التجارب الفكرية المعتبرة بتُّ أشعر بتفاهة

المتع الأخرىٰ، من أكلٍ وشربٍ وحديثٍ مع الأصدقاء. . . وربما كان هذا هو السبب في أنَّ الكثيرين منّا يصبحون ضحايا الانتحار الاجتماعي.

ولا جَرَم أني أوشكتُ أن أكون مثل حيوانٍ ليليٍّ متوحّد وأنا متَّجه إلىٰ البيت في ساعةٍ متأخرةٍ من الليل، أعبر الطرقاتِ الفارغةَ في جوٍّ من الصمت الموحش الذي يندر الإحساس به في المدن الكبرىٰ. ولربما لا يعلم البعضُ أن أحياءً في وسط لندن هي موطنٌ لجماعاتٍ من الثعالب التي تنتشر في المدينة بعد مواعيد إغلاق الحانات. ولم أكن أنا شخصياً أعلم بذلك إلىٰ أن خَبِرْتُ بنفسي تلك الليالي المخيفة، فكنتُ وأنا عائدٌ إلىٰ بيتي مُرهقاً مُشتَّت الفكر أجد نفسي فجأةً بصحبة تلك المخلوقات تتباهىٰ بأذيالها الكثَّة المتميِّزة وهي تمضي لشأنها بأناة. وبين فينةٍ وأخرى يقف أحدها ليحدِّق إليَّ بالنظر وكأنَّه يتساءل أيّ ضربٍ من الحيوانات الليلية أنا، ثم ينسَلِت في بستانٍ مجاورٍ، ليظهر من جديد في أمكنةٍ أخرىٰ بعيدةٍ مستعملاً طُرُقاً مختصَرةً لا يعرفها سوىٰ الثعالب، في مدينةٍ مقابلةٍ لمدينتنا تقع وراء عالَمِنا المحسوس.

في تلك الليالي «الثعلبية» كان بعضُ ما اشتغلتُ به هو النظر في التفصيلات المعقَّدة والمقيتة. علىٰ سبيل المثال، كان علينا أن نحدِّد معدَّلَ تغيُّر سرعة الضوء وآلية هذا التغيُّر. وكنا ـ آندي وأنا ـ في الأيام الأولىٰ نتصوَّر تغيُّر سرعة الضوء جائحةً كونيةً عند النشأة الأولىٰ للكون شبيهةً بأوينة بلانك التي تقدَّم ذكرها. فمع اتساع الكون تبرَّدَ إلى درجةٍ حرارةٍ معيَّنةٍ حرجة تغيَّرت عندها سرعةُ الضوء فجأةً من قيمةٍ عاليةٍ جداً إلىٰ قيمةٍ منخفضةٍ جداً. وتصوَّرنا شيئاً كانتقال الطور phase transition أقرب إلىٰ ماءٍ يتحوَّل إلىٰ جليد مع انخفاض درجة الحرارة إلىٰ ما دون نقطة التجمُّد. بالمثل فقد عَبَرَ الكونُ المتوسِّعُ المتبرِّدُ درجةَ حرارةٍ «متجمِّدةٍ» كان الضوءُ فوقَها أسرع بكثير و«بحالةٍ سائلة»، وكان أسفلَ منها متبلوراً إلىٰ الضوء الجليدي «البطيء» الذي نشهده اليوم. وقد وجدنا فيما بعد أنَّ هذا ليس إلا واحداً من بين احتمالاتٍ كثيرة، بل إنه أبسط الاحتمالات، إلا أنا سنلتزم به في الوقت الحاضر.

وكان الاختبار الحقيقي عندئذٍ هو وضع شروطٍ على انتقال الطَّور بصورةٍ تمكِّنا من حلّ مشكلة الأفق. ووجدنا أنه في حالة انتقال الطَّور في الضوء المتغيِّر السرعة، الذي حدث في أوينة پلانك، لا بدَّ لسرعة الضوء أن تنخفض بعاملٍ يزيد على 1 يليه 32 صفراً إذا كان لها أن تحتكَّ بالكون المنظور بكامله احتكاكاً سببيّاً. فإذا كنتَ تعتقد أنَّ سرعة 300،000 كم/ ثا هي سرعة كبيرة، فأضِفْ إلىٰ هذا العدد 32 صفراً لتحصل علىٰ سرعةٍ هائلةٍ حقّاً، وهذا في الواقع هو الحدّ الأدنىٰ من الشروط المطلوبة. وقد أوقعَنا هذا العدد الكبير في حيرةٍ حيث قرَّرنا الأخذَ بالاحتمالات القائلة إنَّ سرعة الضوء في أوينة پلانك سرعةٌ لانهائية. وبموجب هذه الظروف كان الكونُ المرئي يوماً في حالة احتكاكٍ سببيٍّ بفعل الضوء السريع الانتقال.

يقضي هذا الاحتمال أيضاً أنَّ الكون ما إن خرج من انتقال الطَّور حتى وجد نفسه من جديد يجوز حبل البهلوان المميَّز للتسطُّح. لكن ذلك حدث بعد أن صار التسطُّح علىٰ شكل وادٍ ضيِّق، في حين كانت سرعةُ الضوء في انخفاض. وأضحت المسألة منحصرةً الآن في إيجاد مقدار التغيُّر الذي ينبغي حصوله في سرعة الضوء حيث يضفي هذا التوازنُ البدائيُّ علىٰ الكون درجةَ السلامة الكافية لاحتمال التسطُّح في مستقبله غير المنظور. وانتهينا إلىٰ الجواب نفسه الذي خرجنا به من قبلُ في مسعانا للوصول إلىٰ حلٍّ لمشكلة الأفق. ووجدنا أنْ سرعةَ الضوء البدائية يجب أن يُعبَّر عنها بقيمتها الحالية مُضافاً إليها أكثر من 32 صفراً. وبالطبع لم نكن نعرف ذلك آنذاك، إلا أنَّ الأمر أبعد ما يكون عن المصادفة.

وهكذا. . . مع امتداد تلك الليالي الطويلة أمامي كنتُ أكتشف فيضاً من التفصيلات يتجسَّد لي بعد لأيٍ وطول انتظار. والمهم أنّا كنّا قد اكتشفنا أمرَيْن أساسيَّين: أنَّ السرعةَ المتغيِّرةَ للضوء أفضت إلىٰ اختلالاتٍ في مبدأ انحفاظ الطاقة، وأنَّ هذا قد حلَّ مشكلة التسطُّح إضافةً إلىٰ مشكلة الأفق. وظهرت

أيضاً تداعياتٌ أخرىٰ لهذه المكتشَفات، منها تفسير منشأ مادَّة الكون كلِّها. غير أنَّ عنصراً واحداً مازال مفقوداً، ألا وهو الثابت الكوني.

كان واضحاً منذ البداية حتميَّة وجود تآثرٍ مهمٍّ بين الثابت الكوني والسرعة المتغيِّرة للكون. ومع ذلك فإذا مُسِخَت سرعةُ الضوء إلىٰ حيوانٍ وحشيٍّ وقابلٍ للتغيُّر، فلماذا ينبغي أن تظلَّ طاقةُ الخواء vacuum energy ثابتةً لا تتغيَّر؟ وسرعان ما اتَّضح أنه لو لم يكن c عنصراً ثابتاً لما بقيت الطاقةُ المختَزَنةُ في الخواء ثابتةً أيضاً. ويمكن التعبير عن طاقة الخواء كتابةً وفقاً لذلك الكائن الهندسي الذي ابتدعه أينشتاين، والمتمثل باللامدا. إلا أنَّ المرء، بمزيدٍ من التدقيق، يُلاحظ أنَّ سرعةَ الضوء تَظهر أيضاً في الصِّيغة، فيجد عموماً أنَّ طاقة الخواء تزداد إذا ازدادت سرعةُ الضوء(*).

بالمقابل، لو انخفضت سرعةُ الضوء في الكون الفتيّ لانخفضت طاقةُ الخواء انخفاضاً حادّاً، ولانفرغت هذه الطاقة متحوِّلةً إلى مادة الكون وإشعاعه، وبذلك تستطيع السرعةُ المتغيِّرةُ للضوء أن تحقّق ما لم يستطع التوسُّع الكوني ــ حتىٰ الانفجاري ــ تحقيقه: وهو التخلُّص من طاقة الخواء المهيمِنة. ولعلَّك تذكر أنَّ العقدة في مسألة الثابت الكوني هي أنَّ طاقةَ الخواء لا تُخَفَّف بفعل التوسُّع، خلافاً لما يحدث في حالة المادة والإشعاع. ولهذا السبب لا بدَّ أن تهيمن طاقةُ الخواء علىٰ الكون، وبسرعة، ما لم نتمكَّن من كبحها بشدَّة في المراحل الأولىٰ من نشأة الكون. وقد وفَّرت نظريةُ السرعة المتغيِّرة للضوء مثل هذه الآلية تماماً، بتحويل أيِّ طاقة خواء إلىٰ مادةٍ للكون، تاركةً الكونَ يتوسَّع إلىٰ حدّ الهرم دون احتمال الهيمنة العقيمة الناجمة عن العدَميّة. ها قد وجدنا وسيلةً للتخلُّص من الثابت الكوني.

وبطبيعة الحال لم تكن الأمور بهذه البساطة التي صوَّرتُها لك؛ فقد كنّا

(*) تحرِّياً لدقةٍ أكبر، فإنَّ طاقة الخواء تتناسب مع لامدا مضروباً في سرعة الضوء مرفوعاً إلىٰ القوة الرابعة.

مدركَيْن أن الآلية التي اقترحناها ليست مُحكَمَةً تماماً، وأنها لم تَحُلَّ إلا جانباً واحداً من مشكلة الثابت الكوني بالصورة الجديدة التي رسَمها علماءُ فيزياء الجسيمات على مدىٰ العقود الماضية. والحقُّ أني حتىٰ هذه النقطة كان يُخامرني أحياناً شعورٌ بأنَّ نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء هي ـ إلىٰ حدٍّ ما ـ مجرَّد تمرينٍ في التنطُّع والحذلقة؛ فقد كنّا نحلُّ مسائل سبقَ أن حُلَّت بالتوسُّع الانفجاري. صحيحٌ أنا حقَّقنا بعضَ المفاجآت، ولكن ما هو الجديد من حيث الجوهر فيما عدا فكرة السرعة المتغيِّرة للضوء بحدّ ذاتها؟ فجأةً تبدَّل المشهد كلُّه، ووجدنا أنَّ هذه الفكرة نفسها قد تُبعِد خطرَ وحش لامدا. ولئن عجزَت نظرية التوسُّع الانفجاري عن حلِّ مشكلة الثابت الكوني، فقد نجحت نظريةُ السرعة المتغيِّرة للضوء في حلِّها.

ومع نهاية شهر حزيران/ يونيو 1997 كنّا مهيَّأيْن لنفاجئ العالَم باكتشافنا؛ فقد أنجزنا مقداراً مُعْتَبَراً من العمل، واجتمعت لدينا كميةٌ كبيرةٌ من الملاحظات. لذلك كنتُ متحمِّساً أكثر من أيِّ وقتٍ مضىٰ، وكذلك بدا آندي مسروراً جداً بنظريَّتنا في السرعة المتغيِّرة للضوء.

وبينما نحن كذلك إذ شعرَ آندي باضطرابٍ مفاجئ. وبدون سببٍ واضح انقلبَ حاله فصار ظاهرَ القلق منزعجاً علىٰ مشروعنا الجريء. وما لم أُدركه أنا وقتئذٍ هو أنَّ تخوُّف آندي أوشك أن يُفسد نظريةَ السرعة المتغيِّرة للضوء من أساسها.



9 أزمة كهولة

عندما أعود بذاكرتي إلىٰ الوراء أجد أنَّ نظريةَ السرعة المتغيِّرة للضوء VSL قد وُلِدت من حالة تقلُّب بين الهَوَس والاكتئاب؛ فحتىٰ شهر حزيران/ يونيو كنتُ وآندي في أوج النشاط والوفاق، نتمتَّع بطاقةٍ لا حدَّ لها. إلا أنّا بَشَرٌ علىٰ كلِّ حال لا يمكن أن تدوم لنا سعادةٌ أبدية؛ لذلك كان لا بدَّ من نهاية، وكانت بانتظارنا مرحلةٌ عصيبة.

ومع قرب انتهاء حزيران/ يونيو اجتمعت لدينا مادةٌ غنيَّةٌ تكفي لا لمقالةٍ واحدة بل لمقالاتٍ عدّة. والحقُّ أنَّ ذلك يُعْزىٰ في جزءٍ منه إلىٰ أنّا انتهينا إلىٰ نموذجَيْن اثنيْن لنظرية السرعة المتغيِّرة للضوء، أحدهما أكثر تعقيداً من الآخر إلا أنه يقوم علىٰ أُسسٍ أرسخ من صِنوه، علىٰ أنهما يشتبهان كثيراً في محتواهما الفيزيائي. فعزمنا علىٰ كتابة مقالةٍ أولىٰ مبدئيةٍ نُحدِّد فيها مسارَنا، ووقع اختيارُنا على أيسر النموذجين من النظرية.

وفي شهر تموز/ يوليو انطلقنا ـ آندي وأنا ـ إلىٰ مركز الفيزياء في آسپن Aspen في كولورادو Colorado للإقامة هناك مدةَ أسبوعين. ومن المعروف أنَّ هذا المركز ينحو في تنظيمه منحىً استثنائياً: فعدد المحاضرات أو المناقشات في أيِّ برنامجٍ قد خُفِّضَ إلىٰ الحدِّ الأدنىٰ، وعُلِّقت الأهميةُ الكبرىٰ علىٰ تنمية روح التآثر غيرِ الرسمي بين العلماء العاملين. ولهذا فإنَّ خَطَر سرقة أفكارك أمرٌ

واردٌ هنا دوماً، حسبما حذَّرني آندي؛ إذ إنَّ ثمّة أُناساً مجدِّين فعلاً، غير أنهم يفتقرون إلىٰ الموهبة أو الخيال الخصب، يتسكَّعون في أماكن كهذه يتسقَّطون الأحاديثَ والمحاورات «غير الرسمية» الدائرة بين العاملين، ويُحقِّقون نجاحاتٍ كبيرةً في أعمالهم المهنية بناءً عليها. بل إنَّ إحدىٰ الجامعات الأمريكية المعروفة تقوم كلَّ سنة بمنح مكافأةٍ لأفضل مقالةٍ اكتُتِبَتْ من أفكار الغير!

شعرَ آندي أنها فرصةٌ مناسبةٌ تماماً لمناقشة مسألة سرعة الضوء المتغيِّرة وسط جمهورٍ عريض. لكنه أصرَّ علىٰ الحاجة إلىٰ تأمين أنفسنا أولاً عن طريق كتابة مقالةٍ ننشرها علىٰ أحد مواقع الشبكة من قبيل http://www.astro-ph.soton.ac.uk فذلك أدعىٰ إلىٰ ضمان حقِّنا في ملكية هذا العمل، ثم نستعمل آسپن وسيلةً لتهذيبه وتطويره.

تولّىٰ آندي كتابةَ خلاصة البحث والتعريف به واستخلاص نتائجه الختامية، في حين قمتُ أنا باختيار مادّة المتن من ملاحظاتي الشخصية المدوَّنة لديَّ. ربما بدا ذلك تافهاً، إلا أنه اقتضى منّا وقتاً طويلاً لإنجازه! وفجأة أصبح آندي عصبيَّ المزاج نكداً، فعزوتُ ذلك في البداية إلى الضغط الذي يعانيه بسبب الروتين الإداري المُفرط المفروض عليه، إلا أني بدأتُ أُدرك شيئاً فشيئاً أنَّ الأمر أكبر من ذلك.

قبل بضعة أيامٍ فقط من موعد مغادرتي إلى آسپن كنّا، آندي وأنا، نسهر إلىٰ ساعةٍ متأخرِّة في جامعة أمپريال إلىٰ أن تمكَّنّا من إتمام مقالتنا. وبينما نحن نتناول عشاءنا مرةً في مطعمٍ مجاور، أفصح لي آندي عمّا يُمِضُّه، فأقرَّ بأنه خشيانٌ من تقديم المقالة، وأنّه بحاجةٍ إلىٰ مدةٍ إضافيةٍ ليُعيد النظر فيها.

لم تكن هذه الظاهرةُ مُستغرَبةً أو مفاجِئةً لي فأنا، أعرف أنه قبل أيام من تسليم أيِّ مقالة علمية يبرز كاتبٌ ليُقدِّم الأعذار والمسوِّغات ملتمساً السماحَ له بالتأخُّر، وهي ظاهرةٌ نفيسةٌ شائعة تشبه رهبةَ الظهور علىٰ خشبة المسرح علىٰ ملأٍ من الناس. لكن موقفنا هنا كان مختلفاً: فنحن بعملنا هذا مُقْدِمون علىٰ

خطرٍ حقيقيٍّ ربّما يرقىٰ إلىٰ تدمير بنيان فيزياء القرن العشرين برمَّته، وهو ثبات سرعة الضوء.

ولعلَّ في هذا السبب ما يكفي لانتقال مخاوف آندي إليَّ، فحملني ذلك علىٰ اتّخاذ قرارٍ ندمتُ عليه فيما بعد، عندما وافقتُ علىٰ التريُّث. وكان ذلك يعني تأخير تقديم مقالتنا إلىٰ ما بعد العودة من آسپن، وكان ذلك قميناً بأن يُسبِّب لي الضيق، وبدأتُ أحسّ أنَّ نظريةَ السرعة المتغيِّرة للضوء تُعاني من فقدان التغذية الراجعة الخارجية external feedback، وكان قد مرَّ علىٰ هذا المشروع حتى ذلك الحين ما يربو علىٰ الستة أشهر ونحن نطوِّره ونقلِّب فيه الرأي وهو محجوبٌ عن العالَم الخارجي لا يطَّلع عليه أحد. ربَّ قائلٍ يقول إنَّ حجْبَه علىٰ هذا النحو أمرٌ غير سليم، فالمرء في العادة يطلب المشورةَ من زملائه وأصحاب الرأي والنُّصح عند كلِّ مرحلةٍ من مراحل تطوُّر فكرته.

الخروج الوحيد عن قاعدة التكتُّم هذه كان محاورةً دارت بيني وبين رئيس مجموعتنا توم كيبل Tom Kibble المعروف بصلابة آرائه ولذع ملاحظاته. دخلتُ عليه في مكتبه وأخبرتُه أني وآندي بصدد البحث عن بديلٍ لنظرية التوسُّع الانفجاري. أجاب علىٰ الفور: «لا بدَّ أنها عن الزمن.» تبسَّمتُ ضاحكاً من قوله ورحتُ أشرح له مشكلةَ الأفق، فقال: «هذا معقولٌ تماماً.» ثم وصفتُ له حلَّ مشكلة الأفق انطلاقاً من نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء، فقال: «هذا أقل معقوليَّةً.» وعندما انتقلتُ إلىٰ بيان التعقيدات التي ينطوي عليها الإخلال بمبدأ انحفاظ الطاقة، إذا هو في سباتٍ عميق. غادرتُ مكتبَه وقد سُمِعَ غطيطُه.

أخبرتُ آندي عن مخاوفي من أنّا قد خسرنا عاملاً مهمّاً إذ لم نناقش نظريةَ السرعة المتغيِّرة للضوء مع علماء كونٍ آخرين في آسپن، فأجاب أن لم يكن بالإمكان خيرٌ مما كان.

وبقدر ما كان مؤتمرُ پرنستون الذي انعقد في الصيف الذي سبق مثيراً ومُلْهِباً للمشاعر، فإنَّ مُقامي في آسپن كان مدعاةً للتثاؤب والخمول، وبدايةَ

مرحلة الاكتئاب في نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء. ومع أنَّ هذا المكان يُفترَض أن يكون ملاذاً لتبادُل الأفكار، فقد وجدتُه نقيضَ ذلك تماماً. وإذا كان العلمُ في الولايات المتحدة ذا طابعٍ تنافسيٍّ على أعلى الدرجات، فلعلَّ ذلك هو السبب في أنك تلحظ بوضوحٍ أنَّ الناس يقطعون مناقشاتهم العلمية ويغيِّرون مجرى الحديث حالما تحاول الانضمام لمشاركتهم حديثَهم في الحدائق العامة وغيرها. وقد حدث لي في مناسبةٍ أو اثنتين أن تناهىٰ إلىٰ سمعي ما كان يجري من أحاديث بين بعض الناس، ثم رأيتُ تلك الموضوعات وقد نُشِرت بعد ذلك مباشرة. وعندما وصل آندي وبدأنا الحديث عن نظرية سرعة الضوء المتغيِّرة لاحظتُ حرصَه هو الآخر علىٰ تغيير سياق الموضوع كلما انضمَّ إلينا أشخاصٌ آخرون. تلك هي خلاصة علم الكونيات الأمريكية بصورةٍ عملية.

لم يكن الجوُّ العام ملائماً لي قطّ؛ إنه عالَمٌ آخر مختلفٌ عمّا تعوَّدتُ عليه من لقاءاتٍ مفتوحةٍ في بريطانيا أيامَ كنتُ في كامبردج. لقد انسجمتُ مع الجميع في آسپن، فلم أشعر أنَّ الناس يستبعدوني لأسبابٍ شخصية، بل إنهم يفعلون ما يرون أنَّ عليهم فعله لا أكثر ولا أقل. لكن عندما حان دوري ورأيتُ كيف يخفي آندي عملنا، شعرتُ بشيءٍ من الاشمئزاز.

وبرغم هذا الجوّ غير المريح، إلا أنه حريٌّ بأن يفضي إلىٰ نتائج حسنة. إنه يُمثِّل الدرجةَ العاليةَ لعلم الكون في الولايات المتحدة، إضافةٍ إلىٰ مزيدٍ من روح التنافس التي لا هوادة فيها. ففي أيِّ وقت تجد أنَّ معظم علماء الكون يشتغلون في حلِّ مسائل متكرِّرةٍ قائمةٍ علىٰ نظرية التوسُّع الانفجاري، بقطع النظر عن الموضوعات المهمّة الرائجة في وقتٍ ما. فلا عجب بعد ذلك أن يجدوا أنفسهم في بيئاتٍ قاسيةٍ أو غير مؤاتية. ووجه النفع العام هنا هو أنه عندما يتَّفق أن يكون موضوعُ الساعة ذا أهميةٍ كبرىٰ تجد أنَّ الغالبية العظمىٰ من الوسط العلمي تنصرف بكامل طاقتها إلىٰ العمل فيه، ولهذا كان حتماً أن ينجح هذا النظام من الوجهة الإحصائية، وأن يُفضي إلىٰ نِتاجٍ استثنائي ذي جودةٍ

حقيقية. لكن من الصعب في الوقت نفسه أن تلحظ فيه أثراً لروح المرح أو الحرّية.

كانت تلك هي تجربتي الأولىٰ في ممارسة هذا الأسلوب في تطبيق العلم علىٰ هذه الدرجة من التعمُّق، وفاجأني ذلك إلىٰ حدٍّ ما، لأنَّ صورة العِلم الذي تحبّ الولاياتُ المتحدة أن تنشرها هي صورة الفرد المنطلق بحرّية. لقد كتبَ رِتشارد فاينمان Richard Feynman مرةً قطعةً رائعةً موجَّهةً إلىٰ العلماء الواعدين، يأسف فيها علىٰ تضاؤل فرص الابتكار في العلم اليوم، علىٰ أنه يحثُّنا علىٰ تعمُّد الاستقصاء والنقد، وعلىٰ أن نفعل ما نعتقد أنه الصواب، وأن نجرِّب أفكارنا مهما كانت جانحة، وأن نستشعر وحشةَ الأصالة، وأن نكون مستعدّين للفشل، ويؤكِّد أنّا سنواجه الفشل فعلاً في معظم الأحيان إذا نحن فرضنا شخصيَّتنا الفردية علىٰ علومنا. إلا أنه مع ذلك يشعر بأنَّ المجازفة جديرةٌ بالمشقة.

وفاينمان نفسُه مثالٌ لما ينادي به. إنه رجل عِلم يفعل ما يريد ولا يهمُّه بعد ذلك أرضيتَ أمْ لمْ ترضَ، حتى إنه بات رمزاً للعِلمٍ في الولايات المتحدة، غير أنَّ حقيقة هذا الرمز مختلفةٌ تماماً: فهي عالَمٌ يشجَّع فيه الشبّان جميعاً على العمل في المسائل السائدة نفسها دون أن تحيد الكرةُ بقليلٍ أو كثير. وفيما يتَّصل بالروتين العلمي المفرط في الشكليات، أرىٰ أنه إذا كنتَ تعتزم تطبيقَ العِلم بهذه الطريقة، فأَولىٰ لك أن تعمل في مصرف.

كانت تجربتي في آسپن بالذات مخيِّبةً لآمالي حقاً، ذلك لأني زرتُ الولايات المتحدة في مناسباتٍ أخرىٰ فأحببتُها حبّاً حقيقياً: وجدتُ الناسَ علىٰ قدرٍ كبيرٍ من التفاعل والتفهُّم والانفتاح، نقيضَ ما رأيتُه في آسپن. لعلَّ زياراتي تلك كانت مقتصرةً علىٰ مناطق محدودة، أو أنَّ آسپن نفسها هي الاستثناء! كيف يمكن التوفيق بين هذين الوجهَيْن المتخالِفَيْن؟

ربما يكمن الجواب في أنَّ الولايات المتحدة تستعصي علىٰ إطلاق حُكمٍ

عامٌ عليها في مجال العلم كما في سائر المجالات. إنها تستوعب المتناقضات من صفوةِ الأوساط وأدناها في آنٍ معاً وعلىٰ نطاقٍ واسع. لقد قضيتُ ـ علىٰ سبيل المثال ـ خمسةَ أشهر مع مجموعة نيل في پرنستون، وقمنا لاحقاً بزياراتٍ عدّة، لأجد دوماً بيئةً مثيرةً حافزةً متعاونة هي أرقىٰ ما رأيت. وقضيتُ، بالمقابل، شهرين في بيركلي لأجد مجموعةً من أنصاف المخبَّلين يتربَّص كلٌّ منهم للإيقاع بصاحبه والكيد له، وهم أحرص ما يكونون علىٰ كبت أي فكرةٍ جديدةٍ قد تُطرح.

من هذا المنظور الواسع أقول إنَّ ما وجدتُه في آسپن سِمَةٌ معهودةٌ فيها ومميِّزة لأقلّيةٍ فقط. إنَّ مَنْ يحاول إطلاقَ حُكمٍ في الولايات المتحدة من ناحية العِلم كمن يحاول إطلاقَ حُكم عامٍ في الموسيقا: يروقك بعضُها ولا يروقك بعضُها الآخر. . . فهل أنت مُلزَم بأنْ تحبَّ ضروبَ الموسيقا كلَّها؟

ومن المؤسف أن يكون جلُّ اعتزاز الناس منصَبّاً علىٰ أسوأ صفاتهم. وبالفعل فإنَّ كثيراً من العلماء الأمريكيّين يُعْجَبون ويَطربون للعربات الموسيقية المتنقِّلة bandwagons أكثر من اعتزازهم بتراثهم من فاينمان مثلاً، وهم بالطبع ليسوا الوحيدين في ذلك؛ فقد التقيتُ مرةً فتاةً في نيويورك استخفَّها السرور عندما علمت بأني فيزيائي، ولكن سرعان ما خاب فألها لدىٰ سماعها أني أعيش في إنكلترا ولا أطمح بالانتقال إلى الولايات المتحدة. . كان ذلك فوق طاقة إدراكها. ولما سألتُها عن السبب حاولَتْ أن تجيبَني بمثال، لكنها لم تتذكَّر اسم الفيزيائي الذي تقصده، فسألتني: «مَنْ هو ذلك الفيزيائيُّ الذي يفوق أينشتاين، ولم يحضر إلىٰ أمريكا فأخفقَ في الوصول إلى بغيته؟»

ولعمري ما عرفتُ حتى اليوم مَنْ تكون تلك الشخصية الأسطورية الفذَّة التي قَصَدَتْها تلك الفتاة، غير أنَّ آراءها في أينشتاين والفضائل الأمريكية تستثير الضحك فعلاً. مسكين ألبرت: لكأنَّه استمدَّ عَظَمَتَه من انتقاله إلىٰ الولايات

المتحدة! علماً بأنه في الوقت الذي عَبَر فيه المحيطَ الأطلسي كان قد أتمَّ أكبر عملٍ له، بل إنه كان قد تلقّىٰ التقدير علىٰ مستوىٰ جائزة نوبل. ولم يحمله علىٰ الانتقال إلىٰ الولايات المتحدة إلا عداوته للنظام النازي منذ البداية، حينما كان غيرُه، ومنهم كثيرون من أغنياء اليهود، يحاول الوصولَ إلىٰ تسويةٍ مع هذا النظام. وغالباً ما كانت فوراتُه السياسية سبباً في الحرج والإرباك، فهو من هذه الناحية يُذكّرني أحياناً بمحمد علي. فلا غرو في أن يُخْرَج من ألمانيا سنة 1933 إخراجاً تعسُّفياً جافياً صودرت معه كلُّ ممتلكاته الشخصية وسط شائعاتٍ عن محاولاتٍ استهدفت حياته.

استُقبِل أينشتاين في الولايات المتحدة على الرَّحب والسَّعة، في وقتٍ كان في مسيس الحاجة إلىٰ مثل ذلك الاستقبال(*). ولو أنَّ تلك الفتاة نظرت إلىٰ الأمور من خلال هذا المنظار لأضافت سبباً آخر يبعثها علىٰ الاعتزاز بوطنها أكثر فأكثر.

في هذا الجوّ غير المؤاتي في آسپن صرفتُ وقتي أؤدّي مختلف الأنشطة إلا الاشتغال بالعلم؛ فكنتُ أُمارس رياضةَ العَدْو الوئيد ورياضة اليوگا والسير الطويل في الجبال، وغير ذلك من ضروب الرياضة. وعند عودتي إلىٰ مكتبي أُلزِم نفسي بعملٍ أكثر صرامةً يشغل فكري طوال مدة وجودي هناك.

كان آندي منذ البداية قلقاً من أنَّ حلَّ مشكلة الأفق لا يعني بحالٍ حلَّ مشكلة التجانُس. ربما كان بالإمكان إيجاد طريقةٍ لربط جملة الكون المنظور في زمنٍ ما بماضيه، ثم إفساح المجال لآليةٍ فيزيائيةٍ مُعيَّنة كي تُجانِس المناطق الرحيبةَ التي نستطيع رؤيتَها اليوم. ولكن يبقى إيجاد ذلك العامل المجانس

(*) علىٰ الأقل إذا أسقطنا من الحساب الاحتجاجاتِ التي أطلقَتْها منظمةٌ أمريكيةٌ تُدعىٰ «الجمعية الوطنية النسوية»، وَصَفَتْ أينشتاين بأنه مرتبط بجماعاتٍ فوضويةٍ شيوعيةٍ، يفوق عديدُها تلك التي انتسب إليها ستالين نفسه.

homogenizer أي الآلية التي عمّت الكونَ الوليدَ لضمان أن يكون مظهرُ الكون مُطَّرداً في كل مكان. إنَّ حلَّ مشكلة الأُفق، بلغة العِلم، كان شرطاً ضرورياً لكنه غير كافٍ لحلّ مشكلة التجانس.

ولا شكّ أنَّ حكمة آندي قد صقلَتْها التجربةُ العملية حتىٰ أضحىٰ عالِمَ كونيّاتٍ محنَّكاً، وهذا يعني أنه وقع في أخطاءٍ كثيرةٍ في الماضي(*). وكان نموذجُه الأوّليُّ المهم في التوسُّع الانفجاريّ يُعاني بالضبط من عقبةٍ تتمثَّل في أنَّ نموذجه لم يحلَّ مشكلةَ التجانُس مع أنه تمكَّن من حلِّ مشكلة الأفق. ومع أنَّ جملةَ الكون المنظور كانت في حالة احتكاكٍ في أثناء مدّة التوسُّع الانفجاري، فإنَّ المرء عندما يحسب ما حدثَ فعلاً لخاصّية التجانس يخلص إلىٰ كونٍ غير منتظم علىٰ الإطلاق، مع العلم بأنَّ هذه المشكلة ليست خاصةً بالتوسُّع الانفجاري، بل لقد أعلمني آندي من قبلُ أنَّ الكونَ الارتدادي bouncing universe خاضعٌ للمصير ذاته وأنَّ تلك هي عقدة زِلدوڤيتش Zeldovich. وخشي آندي أن تقع نظريةُ السرعة المتغيِّرة للضوء في فخٍّ مشابه، فكان يفصح عن قلقه هذا بصورة متكرِّرة في لقاءاتنا في مكتبه.

وعلىٰ مدىٰ الأشهر الماضية ارتأيتُ أن أُغفل تساؤلاته بهذا الصَّدد لأني أُدرك أنَّ الإجابة عنها تستتبع إجراء حساباتٍ شاقَّة. فمن الموضوعات التي تقضّ مضاجع علماء الكون ما يسمىٰ «نظرية الاضطراب الكوني cosmological perturbation theory»، وإنَّ مجرَّد ذكر هذا الاسم كفيلٌ بأن يجعل أقدرَ العلماء يتفصَّد عرقاً بارداً.

ونحن نعلم أنّا إذا طبّقنا معادلةَ أينشتاين الحقلية علىٰ كونٍ متجانس ظهرت تلقائياً نماذج فريدمان. والفكرة هي إعادة الحساب في حالة كونٍ «مُضْطَرِب» يحمل أيضاً تقلُّباتٍ محدودةً في الكثافة حول خلفيَّةٍ مطَّردة، حيث تكون الكثافةُ

(*) استناداً إلىٰ هذا المعيار سأكون أنا أيضاً عالمَ كونيّاتٍ مُحنَّكاً خلال سنواتٍ قليلةٍ جداً.



شكل 1.9 صورةٌ للإشعاع الكوني التقطها القمرُ الصناعي COBE، وتتَّصف بأنَّ التقلُّبات في درجة الحرارة صغيرةٌ جداً (نحو جزء في 100.000) وتُمثِّل بذور تكوين بُنىً في كوننا المتجانس.

في بعض المناطق أعلىٰ من المعدَّل الطبيعي بقليل، وفي بعضها الآخر أخفضَ منه بقليل. ونريد الآن أن نعرف هل يُكْبَح ما نسمّيه «تباينُ الكثافة density contrast» أم يُعَزَّز مع توسُّع الكون. ولمعرفة ذلك نُدخِل الكونَ المضطرب في معادلة أينشتاين الحقلية، فنحصل علىٰ صيغةٍ تصِفُ ديناميكيةَ التقلُّبات. وتنطوي العمليةُ علىٰ حساباتٍ جدّ معقَّدة تتطلَّب صفحاتٍ لا نهاية لها من الجبر المملّ والممِضّ، قد يجريها طالبُ درجة الدكتوراه في سنته الأولىٰ مرةً وحيدة، ثم يقضي بقية حياته محاولاً نسيانها.

ولئن كانت هذه الحساباتُ علىٰ درجةٍ كبيرةٍ من التعقيد، فإن نتيجتَها أساسيةٌ جداً لفهم ظواهر كونية؛ فالإشعاع الكوني يخضع لتموُّجاتٍ صغيرة (انظر الشكل 1.9)، والسائل المجرّي لا يتجانس إلا علىٰ نطاقٍ واسعٍ جداً. أما علىٰ النطاق الضيِّق فهو يتألَّف من مجرّاتٍ ليست منتظمةً تماماً! ومن الواضح أنَّ الكون بتفصيلاته الدقيقة غيرُ متجانس، ويمكن تفسير ذلك عن طريق تلك النظرية المسمّاة بنظرية الاضطراب الكوني المشار إليها آنفاً.

ولكي أُهدّئ من مخاوف آندي كان عليَّ أن أُجْرِيَ حساباتٍ مشابهةً علىٰ نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء. وبدا لي أنَّ فكرة تغيُّر سرعة الضوء لم تَزِدِ المشكلةَ إلا تعقيداً تقنيّاً. وكنتُ قد وصلتُ إلىٰ درجةٍ من الضجر الفكري في آسپن فلم أُتابع المسألة.

عندما أجريتُ الحساباتِ أولَ مرة، اقتضت منّي نحواً من خمسين صفحة من الجبر المعقَّد. ومع أنَّ مقدرتي لا بأس بها في إجراء حساباتٍ طويلة، إلا أنَّ العملية هذه المرَّة كانت علىٰ درجةٍ من التعقيد حيث بدت احتمالاتُ السلامة من الخطأ في موضعٍ ما منها شبهَ معدومة. لكنَّ النتيجة النهائية كانت مقبولةً جداً، وهي علىٰ شكل معادلةٍ تفاضليةٍ معقَّدة تمثِّل تطوُّر التقلُّبات بعيداً عن التجانُس في كونٍ خاضعٍ لسرعة ضوءٍ متغيِّرة. وبحلّ المعادلة اتَّضح أنَّ نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء لا تحلُّ مشكلة الأفق فحسب، بل ومشكلة التجانس أيضاً. وكم كانت سعادتي غامرةً بهذه النتيجة، حتىٰ لكأنَّ إحساسي بالارتياح قد ردَّدته بوادي آسپن كلها.

واستناداً إلىٰ نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء نستطيع بناء جملة الكون المرئي اعتباراً من منطقةٍ مترابطةٍ بدرجةٍ كافية، عن طريق تآثراتٍ سريعةٍ تتيح للعمليات الحرارية أن تجعل الكون مطَّرداً، بما يشبه اطِّراد درجة الحرارة داخل فرن بسبب تدفُّق الحرارة إلىٰ شتىٰ نواحي المكان لتكون درجةُ الحرارة منتظمةً ومتجانسةً. ومع ذلك فإنَّ أحسن أنواع الأفران لا بدَّ أن تُعاني من تقلُّبات في درجة الحرارة، وذلك لوجود احتمالٍ عَرَضيٍّ لأن يبقىٰ ما في الفرن أكثر حرارةً أو برودة أثناء تدفُّق التيارات الحرارية فيه. وما انتهيتُ إليه من حساباتي للاضطراب الكوني هو أنَّ تغيُّر سرعة الضوء تكبح مثل تلك التقلُّبات إلىٰ حدٍّ بعيد. هكذا عرضَ لي من العمليات الجبرية ولم أدرك سبباً لذلك، لكنَّ النتيجة النهائية لما وصلتُ إليه هي أنَّ نظريةَ السرعة المتغيِّرة للضوء تتنبّأ بكونٍ متجانسٍ تماماً، كونٍ خالٍ من أيِّ تقلُّبات.

ولم يكن بوسعنا تفسيرُ بنية الكون أو تموُّجاتُ الإشعاع الكوني، لكننا استطعنا تمهيد السبيل لإبراز آلية أخرىٰ تُحدِث اضطراباً في الخلفيَّة المطَّردة التي خلَّفها عهدُ السرعة المتغيِّرة للضوء من عُمر الكون. وكان هذا خبراً سارّاً يُثلج الصَّدر بقدر ما يمكن أن نتوقَّع؛ فقد صُرِفَت سنواتٌ من العمل قبل أن يتحوَّل مبدأ التوسُّع الكوني من حلٍّ لألغاز الكون إلىٰ آليةٍ لتكوين بنيته، وثم إيجاد تفسيرٍ لوجود التموُّجات في الإشعاع الكوني، ولخصائص الحشود المجرّية. ولم نكن نتوقَّع البتَّة أن تظهر لنا نظريةُ السرعة المتغيِّرة للضوء مباشرةً في صورةٍ نهائية قادرةٍ علىٰ تفسير هذه الظواهر كلِّها. لكن مشهد الكابوس، خلافاً لذلك، كان يتمثَّل في أنّا، برغم ما توصَّلنا إليه من حلٍّ لمشكلة الأفق، نجد أنَّ الكون بقي مفتقراً إلىٰ التجانس كثيراً. وقد استبعدتُ في حساباتي هذا الاحتمال. على كل حال ما زلنا في البدايات، فهل نقبل ذلك الكدس من العمليات الجبرية هكذا من غير تبصُّر؟

حاولتُ إقناع آندي بإجراء الحسابات نفسها بصورةٍ مستقلّة لنرىٰ هل يصل إلىٰ النتيجة نفسها التي وصلتُ إليها أنا، فرفضَ رفضاً قاطعاً قائلاً إنه قد كبر ولم يعد يقوىٰ على القيام بهذا النوع من العمل. لذلك قررتُ القيام بمحاولةٍ أخرىٰ بنفسي، فتريَّثتُ أياماً رجاةَ أن أنسىٰ أية أخطاءٍ قد أكون وقعتُ فيها، ثم شرعتُ بإجراء العملية من جديد. فاكتشفتُ وسائل جديدةً وطرائق مختصرةً خفَّضت حجمَ العمليات الجبرية إلىٰ حدٍّ بعيد، فلم تستهلك الجولةُ الثانيةُ هذه أكثر من ثلاثين صفحة. لكنَّ ما خيَّب أملي هو أنَّ المعادلةَ النهائية كانت مختلفةً من مفهوم رياضيّ، إلا أنها مازالت تحمل خاصيّة الكبح العنيف لأيّ تقلُّباتٍ في الكثافة، ومفضيةً إلىٰ كونٍ متجانسٍ جدّاً. وأدركنا الآن أنَّ إحدىٰ النتيجتين علىٰ الأقل لا بدَّ أنها خاطئة.

هكذا شغلتُ وقتَ عملي في آسپن منهمكاً في هذه الحسابات الطويلة العريضة وما رافقها من مَدٍّ وجَزْر، في حين كان أمثالي ــ وعلىٰ بُعد ياردات قليلةٍ مني ــ يتنافسون في بحث التفصيلات الدقيقة لنظرية التوسُّع الانفجاريّ.

ومع كل الضجر والإحساس بالوحدة، رأيتُ من الخير أن أكون منعزلاً، وكنتُ أتساءل بين حينٍ وآخر عمّا سيظنُّ الناسُ بي لو أنهم علموا بما أعمل. هل سيظنّون أني مقْدِمٌ على انتحارٍ علمي. . . أم أني أنفق وقتي سدىٰ. . . أم أني جُنِنْتُ. . . ومما يُستغرَب له أني رصدتُ يوماً شخصاً وهو يطَّلع علىٰ حساباتي التي كنتُ تركتُها علىٰ مكتبي وذهبتُ لبعض شأني. اقتربتُ خلسةً دون أن يراني وليس حولي أحد. ومن خلال مُفَصِّلات الباب رأيتُ وجهه الماكر وهو ماضٍ في استعراض صفحاتي المكتظّة بالأرقام والرموز والصِّيغ. لم أُشعِر ذاك المتطفِّل بأنّي ضَبَطتُه بجُرمه لأنَّ الصورةَ كانت مضحكةً جداً بدا هذا الشخصُ فيها كأنه طفلٌ يحاول سرقة قطعة حلوىٰ. كنتُ علىٰ أي حال موقناً أنه لن يفهم كلمةً واحدةً، فما كتبتُه غريبٌ وغير مألوف، ربما أوحىٰ له بأنَّ علماء الكون في إنكلترا يلجؤون إلىٰ استعمال شِفرةٍ خاصةٍ لتعمية كتاباتهم حفاظاً علىٰ أعمالهم، وهذا هو الشعور السائد هنا.

لعلّي أعطيتُ صورةً قاتمةً حتىٰ الآن عن إقامتي في آسپن، وليس الأمر كذلك لو نظرتُ إليها علىٰ أنها عطلةٌ ترفيهية. فقد كانت ملأىٰ بالمتعة وضروب التسلية: مارستُ فيها رياضة المشي مع الآخرين، وتفرَّجنا علىٰ أفلام الڤيديو والكؤوسُ تدور بيننا نتساقاها، وكنّا نطوف في أماكن اللهو كلَّ ليلة. كرهتُ صفة التعالي المزيَّف في أهل آسپن بادئ الأمر، ثم تبدَّل الحال سعادةً عندما اهتدينا إلىٰ نادٍ ليلي إسپاني في ظاهر البلدة. كذلك مارستُ رياضاتٍ عدة، ولا سيَّما كرة القدم التي كان أدائي فيها متواضعاً برغم انتمائي إلىٰ بلدٍ عريقٍ في هذه الرياضة. كان لعبي مع علماء آخرين ممتعاً حقاً، فالرُّوسي منهم يستأثر بالكرة فلا يمرِّرها لأحد (حتىٰ لروسيٍّ آخر)، في حين أنَّ أولئك الذين من أمريكا اللاتينية يحطّمون الأرقام القياسية في مخالفة قواعد اللعب. . .

عندما عدتُ إلى لندن بدأتُ من فوري البحث عن شقةٍ أمتلكها، فرحلتي إلىٰ آسپن أورثتني رغبةً بالاستقرار في لندن إلىٰ حين. وكنتُ حتىٰ تلك اللحظة

أعدُّ الولايات المتحدة الاحتمالَ الأرجح للإقامة. ثم إني ذهبتُ لزيارة كيم في سوانزي Swansea بجنوب ويلز، حيث كانت تتابع دراساتٍ عليا في ذلك الوقت.

«سوانزي مقبرة كلِّ طُموح» مقولةٌ يُنسَب إلىٰ ديلان توماس Dylan Thomas، الذي قد يكون الشخصيةَ البارزةَ الوحيدة التي أنجبَتْها سوانزي، وكان شعوره نحوها مزيجاً من الحبِّ والكراهية: ما إن يخرج منها حتىٰ يعود إليها. ولعلَّ نعتَه لسوانزي كما تقدَّم حَرَمَه من أن يُسَمّىٰ أيٌّ من دروبها أو طرقاتها أو شوارعها باسمه.

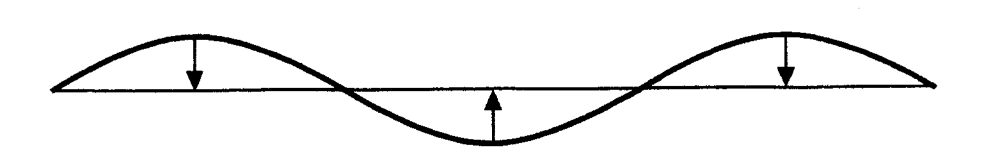
عندما كنتُ في آسپن، علىٰ ارتفاع نحو 3000 متر فوق سطح البحر، مارستُ الرياضة العنيفة يومياً. أما في سوانزي، الواقعة علىٰ مستوىٰ سطح البحر، فقد وجدتني وكأني تحت تأثير عقارٍ منشِّط أوقعني مرةً في حرجٍ شديدٍ حَسِبَ الناسُ معه أني أتعاطىٰ المخدِّرات. ثم وجَدَتْ هذه الطاقةُ المفرطةُ متنفَّساً لها: لماذا لا أُحاول إعادة حساب الاضطراب الكونيِّ اللعين؟ كانت كيم تقيم آنذاك في منزلِ عالِم نفسيّ، فما كان مني إلا أن اعتزلتُ في غرفة مكتبه عازماً علىٰ حَسْم هذا العمل نهائياً. انصرف اهتمامي بادئ الأمر إلىٰ الاطلاع علىٰ بعض الكتب النفسيَّة التي وجدتُها هناك، فقضيتُ ساعاتٍ سعيداً في قراءتها، إلا أني ضجرتُ منها في النهاية وبدأتُ بالتركيز علىٰ العمل الذي أنا بصدده.

هذه المرة وجدتُ أُسلوباً رائعاً أتاح لي إجراء الحساب بثلاث طرائق مستقلَّة ليس فيها طريقةٌ صعبةٌ جداً، واستغرق كلٌّ منها نحواً من عشر صفحات. والأهم من ذلك أنها كانت متوافقةً كلها! بل كانت منسجمةً مع الجواب الذي كنتُ قد وصلتُ إليه أولَ مرة عندما كنتُ في آسپن. وعُدْتُ إلىٰ لندن لأزفَّ إلىٰ آندي الخبرَ السارَّ. إذ لم يعد الآن ثمة شكٌّ في أنَّ نظريةَ السرعة المتغيِّرة للضوء هي حلٌّ لمشكلة التجانُس.

في وقتٍ متأخِرٍ من إحدىٰ الليالي، وبينما كنتُ أجوب شوارعَ لندن بصحبة نفرٍ من «الثعالب»، انجلَتْ لبصيرتي الحقائقُ دون أن أكون بحاجةٍ إلىٰ عشرات الصفحات من العمليات الجبرية لفهم النتيجة؛ تكفيني مناقشةٌ بسيطة أو ما يسمّيه الفيزيائيون حساب «ظهر المغلّف».

لعلَّك تذكر أنَّ نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء تحلّ مشكلة التسطُّح نتيجةً للإخلال بمبدأ انحفاظ الطاقة. ولا بدَّ أن تكون للنموذج المتسطِّح كثافةٌ في وقتٍ ما (أي في حالة سرعة توسُّعٍ معلومة) تعادل قيمةً حرجةً تُسَمّىٰ الكثافة الحرجة critical density. وفي حين أنَّ للنموذج المغلق كثافةً عالية، فإنَّ للنموذج المفتوح كثافةً منخفضة. وقد وجدنا أنه إذا كان لسرعة الضوء أن تنخفض فإنَّ الطاقةَ تنمحق في النموذج المغلق ذي الكثافة العالية، وتُخلَق في نموذج الكون المفتوح الأقلّ كثافة. ولهذا فإنك تتقدَّم باتجاه الكثافة الحرجة، أي إلىٰ نموذجٍ متسطِّح، بمقتضىٰ نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء، وهذا ما أطلقتُ عليه اسم «وادي التسطُّح لسرعة الضوء المتغيِّرة» the VSL valley of flatness.

أدركتُ فجأةً أنَّ هذه العملية بالضبط هي التي تَفْرض تجانُسَ الكون. تأمَّلْ كوناً مسطّحاً تكتنفه تموُّجاتٌ صغيرةٌ؛ فالمناطق ذات الكثافة المفرطة تشبه كوناً صغيراً مغلقاً لأنَّ كثافتها أعلىٰ من الكثافة الحرجة. أما المناطق التي هي أقل كثافةً فينبغي بالضرورة أن تكون ذات كثافةٍ أدنىٰ من القيمة الحرجة حيث تتَّخذ مظهرَ كونٍ صغيرٍ مفتوح. والمعادلات التي تعبِّر عن الإخلال بمبدأ انحفاظ الطاقة هي ما يسمّيه الفيزيائيون بالموضعيات locals. بمعنىٰ أنها تتناول فقط ما يحدث في منطقةٍ معيَّنةٍ لا في الفضاء كلِّه. إذن تتلف الطاقةُ في المناطق الكثيفة، وتُخلق في المناطق غير الكثيفة: هنا أيضاً مازلتَ تتقدَّم باتجاه الكثافة الحرجة في كل مكان. علىٰ أنَّ ذلك يعني كبحَ تقلُّبات الكثافة، أي فرضَ التجانس (الشكل 2.9). وبتعبيرٍ آخر فإنَّ الحجَّةَ التي تحلُّ مشكلةَ التسطُّح هي



شكل 2.9 موجة كثافة تحيط بكونٍ بلغ الكثافة الحرجة. المناطق الكثيفة تُشبه أكواناً صغيرةً مُغلقة وبذلك فهي تفقد طاقةً مع انخفاض سرعة الضوء. أما المناطق المتخلخِلَة فتشبه أكواناً صغيرةً مفتوحة وبذلك فهي تكتسب الطاقة. وفي كلتا الحالتين يتقدَّم الكونُ نحو الكثافة الحرجة المميِّزة لنموذجٍ مُسطَّح. وتضمن هذه الظاهرة التسطُّحَ في كلِّ مكان، وتولِّد كوناً مُتجانساً تماماً.

نفسها تحلُّ مشكلةَ التجانس أيضاً. ولم يكن الوصول إلىٰ هذه النتيجة يحتاج إلىٰ أكثر من شيءٍ من التفكير. يا لسذاجتي!

عندما كنتُ طالباً في جامعة لشبونة، كنتُ أوثر أن أتذاكىٰ علىٰ أقراني، فأرفض حلَّ المسائل بأيسر السُّبل، وأعدُّ أنَّ حلَّها بتلك الطرائق السهلة أمرٌ سيِّئ كما لو كنتُ خرجتُ بحلولٍ خاطئة. وبدلاً من ذلك كنتُ أسعىٰ إلىٰ استنباط طريقةٍ حاذقةٍ للحلّ لا تكتفي بالوصول إلىٰ النتيجة الصحيحة فقط، بل ببلوغها بسطورٍ عوضاً عن الصفحات، فكان ذلك أحياناً يُغضِب بعض أساتذتي في الامتحانات. ثم إني أصبحتُ الآن باحثاً حقيقياً فكانت تلك تجربةً مُذِلَّةً لي حقّاً. والطبيعةُ هي المُمْتَحِن الأول الذي لا يرحم؛ إنك عندما تكتشف أفكاراً جديدةً فإنك تكتشفها بعد معاناةٍ ومكابدةٍ وعرَقٍ ودموع. عندئذٍ فقط يتبيَّن لك أنَّ ثمة طريقةً سهلةً لاكتشافها قد فاتتك. ونادراً ما تتجلّىٰ تلك الرؤيةُ النافذةُ قبل أن يكون قد بلغ بك الجهدُ واليأسُ مبلغاً.

المهم أنك تكتشف الأشياءَ بطريقةٍ أو بأخرىٰ؛ وقد أدركتُ ذلك من حادثةٍ

غريبةٍ وقعت لاحقاً في ذلك الصيف، إذ بعد كلِّ ما بذلتُه من جهدٍ في إجراء تلك الحسابات صرتُ بحاجةٍ إلى فسحةٍ جديدة، فتوجَّهتُ بصحبة كيم إلىٰ البرتگال لقضاء بضعة أسابيع. وهناك رحنا نتجوَّل بسيارة والدي، ونقصد أماكن نائيةً على شاطئٍ رمليٍّ ناءٍ على سواحل ألنتيجو Alentejo. ومع غروب الشمس شعرنا بالجوع فتهيَّأنا للعودة إلىٰ مركز البلد، فتبيَّن لكيم أنها قد فقدت مفاتيح السيارة! كان الشاطئ ممتدّاً وليس فيه أحد، ولم يكن إلا علاماتٍ قليلةٍ في المنطقة يُهتدىٰ بها، والبحر في حالة مدٍّ. انتابني القلق، وشعرتُ أني وكيم مُشْرِفَيْن علىٰ قضاء ليلةٍ باردةٍ في العراء جائعَيْن، ثم الانتقال في اليوم التالي أميالاً سيراً علىٰ الأقدام التماساً للمساعدة. لم تتوانَ كيم عن البحث، حتىٰ بعد أن حلَّ الظلام وزحفت مياهُ المدِّ على الشاطئ.

بعد ساعة وجدت كيم المفاتيحَ مدوسةً في الرمال، وتوشك أن يغمرها الماء لو تأخَّرنا عنها بضع دقائق.(*)

هذه الحادثة جعلتني أؤمن بما يقوله الناس من أنَّ اكتشافَ نظريةٍ يشبه اكتشافَ إبرةٍ في كومةٍ من القش. وكلما قيل لي ذلك ذكرتُ تلك الحادثة. نعم يمكن العثور علىٰ مفاتيحٍ مفقودةٍ علىٰ شواطئ رمليةٍ مترامية الأطراف، أحياناً.

في تلك الأثناء كانت مشاعر آندي تزداد تجاهي بروداً. أصبحت لقاءاتُنا أقصر مدةً وأقلَّ توتُّراً، ولربما صار يستثقلها. بات جفاؤه وتحفُّظه واضحاً لي من سلبية ردّ فعله لأيِّ أمرٍ يتَّصل بنظرية السرعة المتغيِّرة للضوء من قريبٍ أو بعيد. وبدا راغباً عن إغناء النظرية بنقودٍ بنّاءة، بل حريصاً علىٰ النأي بنفسه عن مشروعنا كلِّه. ونتج عن ذلك بالطبع الإمعان في المماطلة بكتابة مقالتنا مدةً طويلة، إذ لم يَعْدم آندي اصطناعَ تفصيلاتٍ جديدةٍ يُودُّ أن ينظر فيها، ومزيدٍ من الأعذار والمسوِّغات التي تُرجئ تسليم المقالة. كان ذلك هو شأنه طوال شهري

(*) تؤكِّد لي كيم أنَّ المفاتيح كانت مفقودةً فعلاً، وأنها لم تكن تخدعني بالتظاهر بفقدها طوال الوقت.

تموز/ يوليو وآب/ أغسطس. ومع نهاية الصيف، وبرغم الإنجازات التي حقَّقتُها، بدت أمورنا تراوح في مكانها.

ويمكنني أن أُفسِّر هذا التصرُّف من جوانب عدَّة، منها ما ذكرتُ سابقاً من أنَّ العلماء كثيراً ما تنتابهم الرهبةُ من الظهور قُبَيْل تقديم عملٍ جديدٍ للنشر. وأرىٰ في هذه الحالة أنَّ المؤلِّف الذي يُعاني من ظاهرةٍ كهذه يجب ضبطه جسدياً، لأنه لو تُرِك وشأنه فلن يتوقَّف عن اختلاق الأعذار لتأخير التسليم إلىٰ أجلٍ غير مُسَمّىٰ، ولن يُنشَر العملُ أبداً. إنه نمطٌ من السلوك الهادم للذات لا يمكن كبحه إلا بوقوف المؤلِّفين المشاركين في وجه ذلك المتمرِّد لردِّه إلىٰ جادّة الصواب.

غير أني كنتُ مُدركاً في الوقت نفسه أنّا لا يمكن أن نكون علىٰ ثقةٍ تامةٍ من النجاح في عملٍ جديدٍ وطريف من قبيل نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء. والحالة هذه كلُّ ما عليك فعلهُ هو «الغوصُ»، فإذا كانت المياه مكاناً يرتاده سمكُ القرش، فليس لك من الأمر شيء. وهكذا كانت مخاوف آندي قمينةً بأن تصل بالمشروع إلىٰ سلّة المهملات. وقد بيَّنتُ له ذلك صراحةً، إلا أني كنتُ غِرّاً فيما يبدو فلم أُقدِّر كم ينبغي عليَّ أن أكون صارماً في مثل هذه المواقف. والنكتة في المسألة هي أنَّ الكاتبَ الذي يتولّىٰ القيام بأقلِّ مراحل العمل مشقَّةً، أي ذاك الشخص الأعلىٰ مكانةً، هو الذي يعتاده الشعور بالخوف عادةً، وكأنَّ هاجساً داخلياً يؤنِّبه إن كان عليه أن يفعل أكثر مما فعل. لكنَّ ردَّ فعله لا يكون بالمبادرة إلىٰ فعل شيءٍ مفيد، بل بالإبعاد في الإحجام والتثاقل إلىٰ الأرض وإبداء عدم الارتياح من النتائج. لقد أثار هذا التصرُّف من آندي استيائي فعلاً، وبدأتُ آسَفُ علىٰ تعاوني معه أصلاً. وغنيٌّ عن القول إنَّ علاقتنا دخلت مرحلةً من التوتُّر.

لكن التغيُّر الواضح حدثَ عندما بلغ آندي أربعين سنةً من عمره في أيلول/ سپتمبر، وكنتُ من بين المدعوّين إلىٰ البيت الذي كان يُقيم فيه مع أُسرته

في سانت آندروز St. Andrews في سكوتلندة Scotland. وأذكر من المدعوّين الآخرين نيل تورُك وتوم كيبل. وكنتُ شخصياً قد بلغتُ الثلاثين قبل ذلك ببضعة أسابيع. تحدَّثنا عن آثار العُمر علىٰ الحياة عموماً وعلىٰ العلم بخاصّة. وقد ذكر آندي علىٰ سبيل الدعابة أمراً لن أنساه ما حييت، فقال إنه أما وقد بلغ الأربعين فقد حان الوقت ليتحوَّل إلىٰ رجلٍ محافظٍ وفاشي. وما إن أعلنت الساعةُ منتصفَ الليل حتى تبدَّلت ملامحُ شخصيَّته. وفي اليوم التالي لم أتمكن من تعرُّفه.

ضحكنا جميعاً لدعابته، ثم تبيَّن أنها ليست دعابةً علىٰ الإطلاق، بل قراراً نهائياً؛ فقد تغيَّرت شخصيَّتُه بوضوحٍ بين عشيةٍ وضحاها، علىٰ الأقل في الجانب الذي يهمّني. وبالفعل صرَّح لي في اليوم التالي أنَّ أفكاري قائمةٌ علىٰ الحَدْس المحض، وأنها لا ترقىٰ إلىٰ مستوىٰ ما يطمح أن يقترن اسمه به. وقال إنه يتبوَّأ رئاسةَ مجموعة علم الكون في كليّة أمبريال، ولا يرضى لصورته الناصعة أن تتلطَّخ بما يعدُّه حفنةً من تأمُّلاتٍ مجرَّدة. وأضاف إنه كان من المفترض أن يلقي محاضرةً عن نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء، إلا أنه عَدَلَ عنها إلىٰ موضوعٍ آخر.

أذهلني هذا التغيُّر في موقف آندي، لكنّي كنتُ أرىٰ إرهاصات هذا التغيُّر قادمة. كان من الواضح أنه يحاول، وقد دخل سنَّ الكهولة، أن يؤدّي دَوْرَ المدير بدلاً من لاعب كرة القدم، وهي نقلةٌ شائعةٌ عند رجال العلم في سنّ كهولتهم. عندئذٍ، وبإحساسك بالإدارة، ينصَبُّ اهتمامك على أعمال الباحثين الذين هم أصغر منك، فتكتب تعريفاتٍ بمحتويات مقالاتهم، وترجئ تقديمَ أعمالهم بذريعة أنَّ ثمة مزيداً من الأفكار لا بُدَّ من استدراكها. وفي خاتمة المطاف تثبت اسمك علىٰ العمل المنشور مستأثراً بالفضل لنفسك. ولا تنسىٰ طبعاً أن تُشارك في اجتماعات رسم السياسات العلمية التي لا يُقصَد منها سوىٰ إعطاء الانطباع بأنَّ تلك العصبة الأرفع منزلةً تؤدي بالفعل عملاً ما.

تلك هي الحقيقة المرّة. ولم أكن لأُصدِّق يوماً أنَّ آندي يمكن أن ينحدر بهذا الاتجاه. وكان نفرٌ من الناس من حولنا في مثل هذه السِّن لا يزالون يُمارسون هذه اللعبة القذرة مع طلابهم. فالسنّ إذن ليست هي المعيار. لقد تقمَّص آندي دور المدير فمارسه عليَّ بصورةٍ شنيعة: دعاني إلىٰ ركوب هذه الموجة غير المألوفة ساعياً إلىٰ إبعادي عن مشروعاتٍ تقليديةٍ شائعة، وها هو يُقرّر الآن أن يتخلّىٰ عن كلِّ شيء. وهذا يعني لي إضاعةَ سنةٍ كاملة. ولا أكتمك أني بدأتُ أُفكِّر بالانتقال.. ولئن لم أضع أفكاري موضعَ التنفيذ فلأني أُحبّ المقام في لندن ولا أرغب في تركها.

أعتقد أنَّ آندي قد لاحظَ أني بتُّ علىٰ حرف، وأنَّ الأمور قد تحسَّنت لمصلحتي؛ فقد أشرفتُ في السنة التي مضت علىٰ عددٍ من طلابه بما عاد عليه بالسُّمعة والشرف، وخوَّلني الآن الإشرافَ علىٰ ألمع طالبٍ عنده يُحضِّر لدرجة الدكتوراه، مع علمي بحرصه علىٰ أن يتولّى هو أمر الإشراف علىٰ هذا الطالب بالذات. رأيتُ في تصرُّفاته تلك تجاهي لَفَتاتٍ يُحاول عن طريقها استرضائي. ثم إنه جاءني بعد ذلك معتذراً من الكلمات الحادّة التي تبادلناها في سانت آندروز، قائلاً إنه لم يهجر مركبَ نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء، وأنَّ بعض الأمور تحتاج إلىٰ وقتٍ لم يكن مُتاحاً له. وفي شهر تشرين الثاني/ نوڤمبر ـ وبعد عمليةٍ بطيئةٍ ومضنية ـ قدَّمنا معاً مقالةً علميةً للنشر. ومنذئذٍ بدأت قصةٌ جديدةٌ تتمثَّل في السعي إلىٰ تهيئة جمهور العامة لقبول نظرية سرعة الضوء المتغيِّرة.

وبحلول شهر كانون الأول/ ديسمبر كنتُ في حالة اكتئاب، بعد أن اختفىٰ آخر بصيصٍ من الحماس والاندفاع خلف الجبال. وكنتُ قد قضيتُ سنةً كاملةً أعمل في مشروعٍ عسير لكنه فارغ المحتوىٰ، فأدركتُ أنَّ نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء تخصُّنا معاً: أنا وهو. لكن كل ما وصلني منه حتى الآن هو الرفض. وفي حين كان يُنتَظَر مني نشر أربع مقالاتٍ أو خمساً سنوياً، لم أنشر حتىٰ

واحدة. وما بدأ ضرباً من التسلية أضحىٰ الآن فاسداً. وبدا لي أني ضيَّعتُ سنةً من حياتي دون أن أكون عاطلاً.

لذلك فقد كان لديَّ من الأسباب ما يسوِّغ لي مشاركةَ كورتني پاين [عازف الجاز] أحاسيسَه عندما ذهبتُ إلىٰ مقهىٰ الجاز عشيةَ السنة الجديدة تلك. كانت سنةً قاسيةً حقاً، ولا أملك إلا الأمل في أن تكون السنةُ القادمةُ أكثر يسراً وإقبالاً.

ومع ذلك من يدري، فقد تحمل قادماتُ الأيام من صروفها ما يسوء؛ ولا غرو، فقد حصل ذلك فعلاً.

10
معركة گوتنبِرگ

تُعدّ المنشوراتُ العلميةُ جزءاً مهماً من العلم ومن النشاط المهنيّ لكلِّ مشتغلٍ بالعلوم؛ فقيمتُك العلمية كفرد تُقَدَّر بعدد ما تنشره من مقالات، وبالجهة التي تتولىٰ نشرها لك، وبمستوىٰ جودة مادَّتها ومقدار الاستفادة منها. لكن ما هو أهم من هذا أنَّ عملية النشر جزءٌ لا يتجزَّأ من قاعدةٍ تقضي بأنَّ العلماء الذين يعيشون علىٰ ما يتقاضونه من منحٍ مالية ملزَمون بالإعلان عن أفكارهم ونتائج أبحاثهم العلمية، وجعلها مُتاحةً للآخرين؛ فلا ينال واحدُهم نصيبَه الماليَّ ما لم يُبرِز سجلاً رصيناً لمنشوراته.

ثم إنه ينبغي أن تخضع كلُّ مقالةٍ للمراجعة قبل نشرها، فيختار صاحبُ المجلة أو الدوريَّة حَكَماً مستقلاً لا يُصرّح باسمه، ويطلب منه دراسة المقالة العتيدة وتقديم تقريرٍ مكتوبٍ في تقويمها. وبناءً علىٰ هذا البيان يُقرِّر مُحرِّرُ المجلة قبولَ المقالة أو ردَّها، أو الطلبَ إلىٰ كاتبها إدخال تعديلاتٍ عليها قبل اعتمادها للنشر. يقوم أصحابُ المقالات في العادة بالردّ علىٰ التقارير السلبيّة التي كُتِبَت عن مقالاتهم، وقد يستلزم الأمر ـ في حالات الشك ـ أن يطلب المحرِّرُ مشورةً خبيرةً من حكَّام عدولٍ آخرين.

وقد ثارَ جدلٌ طويل عن جدوىٰ نظام مراقبة الجودة هذا، ويبدو أنَّ هذا النظامَ باقٍ ولا يُنتَظَر له أن يتغيَّر في الوقت الحاضر، مع ما فيه من مَواطن تتيح

المجال لإساءة استعماله. من أمثلة هذه الظواهر المَرضيَّة النموذجُ (الأولي) لمقالتنا في موضوع السرعة المتغيِّرة للضوء VSL، وهو الذي وضعتُ مسوَّدته مع آندي في نهاية صيف سنة 1997، وقد قرَّرنا دفعه إلىٰ مجلّة «الطبيعة Nature»، وهي دوريَّةٌ مرموقةٌ كان لها قصب السَّبق في نشر مُكْتَشَفاتٍ مهمَّة كثيرة، وما زالت تفخر بنهجها هذا في ميادين عدةٍ من المؤسف أن ليس من بينها الفيزياء وعلم الكون، وهو أمرٌ لم أكن أُدرك في ذلك الوقت له وجهاً من التفسير.

وخلافاً للمألوف، تنشر هذه المجلّة مقالاتٍ تنتمي إلىٰ حقولٍ علميةٍ متباينة كعلم الحياة والفيزياء، يُشرف على كلٍّ منها محرِّرٌ مستقلّ. من هنا فليس بوسعي التعليق علىٰ ما يجري خارج نطاق الاختصاص الذي يعنيني. ولكن حتىٰ في إطار اختصاصي فإنَّ ثمة إجماعاً (لا يجرؤ أحد علىٰ التصريح به) علىٰ أنَّ أمر الفصل في المقالات المقدَّمة قد وُسِّدَ إلىٰ رجلٍ مأفونٍ من الطراز الأول أطلعني بعضُ زملائي علىٰ عددٍ من التقارير التي تحملُ أحكامه علىٰ مقالاتهم، إلا أنهم لم يسمحوا لي بنشر مقالةٍ أنقد فيها هذه الدُّرر التي تثير الضحك! لعلَّ هذا الشخص يتوهَّم أنه خبيرٌ تقنيٌّ عظيم، ويُدلِّل علىٰ ذلك بإطلاق سيلٍ من عبارات الرطانة الطنانة التي لا تتجاوز أن تكون كلاماً فارغاً لا طائل فيه.

ولا بدَّ بالطبع لكي تدرك ذلك تماماً من أن تكون رجلَ عِلم. ومع ذلك فإنَّ من يُمْنِ الطالع أنَّ آراءه في نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء كانت أكثر واقعيةً منها في الموضوعات الأخرىٰ. وأضرب لك مثلاً على أُسلوب تفكيره الملتوي: فقد أرسلنا إلىٰ المجلة قبل تقديم مقالتنا إليها خلاصةً قصيرةً عن عملنا بيَّنَّا فيها كيف أنَّ تفاوتَ سرعة الضوء يمكن أن يكون حلاً لمشكلات علم الكون. فكان الرَّدُّ تقريراً يثني فيه علىٰ جهودنا ويُعلمنا أنَّ مقالتنا لا يمكن نشرها في مجلة Nature علىٰ حالتها التي هي عليها، وأنها لكي تغدو صالحةً ينبغي علينا أن نُبرهن أنَّ نظريتنا ليست مجرَّد حلٍّ لمشكلات علم الكون، بل أنها الحلُّ الوحيد لتلك المشكلات.

ماذا يمكن أن يعني ذلك؟ وكيف يمكنك الجزم بأنك ملكتَ لا حلاً للغزٍ كونيّ، بل الحلَّ الأوحد له؟ هل يوجد أمرٌ كهذا؟ وإذا كان لهذا المعيار أن يُطبَّق باطّراد علىٰ كلِّ ما يُقدَّم من مقالات، فهل ستُنشَر مقالةٌ واحدةٌ في هذه المجلة يا تُرىٰ ولو كانت بالغةَ درجةَ الكمال؟

واضحٌ أنا نتحدث هنا عن عالَم فاشلٍ بائس. إنَّ من دواعي الأسف أن يكون العالَم اليوم مملوءاً بأنماطٍ من الناس من قبيل أرباب النقد الأدبيّ وسَدَنة الفنّ... وغيرهم ممَّن يملكون عظمة القوة ومرارة الإحباط.(*)

وغنيٌّ عن القول إنَّ هذه المقالة لم تَرَ النور قطّ (وربما أسهَم ذلك إسهاماً فاعلاً في أزمة كهولة آندي)، فقرّرنا ــ آندي وأنا ــ بدلاً من ذلك أن نعكف علىٰ إعداد مقالةٍ أطول من سابقتها، تحتوي علىٰ أكبر قدرٍ ممكنٍ من التفصيلات. وبحلول تشرين الثاني/ نوڤمبر 1997 قدَّمنا بالفعل مقالةً تقنيةً في موضوع السرعة المتغيِّرة للضوء VSL لنشرها في مجلّة Physical Review D (أو PRD اختصاراً)، وهي الدوريَّة نفسُها التي كان آلن گوث قد نشَر فيها قبل نحو عشرين سنةً نظريّتَه في التوسُّع الانفجاري. ويمكنني القول على وجه العموم إنَّ كلَّ ما تقدَّمتُ به من مقالاتٍ إلىٰ مجلة PRD قُبِلَ للنشر في بضعة أسابيع من تقديمها. أما مقالتنا الجديدةُ هذه، التي تحمل العنوان: «تغيُّر سرعة الضوء مع الزمن كحلٍّ لمشكلات علم الكون» فقد كان عليها أن تخضع لعملية مراجعةٍ وتدقيقٍ مملَّةٍ دامت قرابةَ سنةٍ كاملةٍ متطاولة.

وحتىٰ في سياق المناقشة الرصينة التي يُفتَرض أن تُميِّز معظمَ المناقشاتِ العلمية، فإنَّ التقرير الذي تلقَّيناه من الحَكَم الأول يكاد يرقىٰ إلىٰ حدِّ الإهانة

(*) المشكلة بالطبع هي أنَّ مقالات علم الكون التي تُنشَر في مجلة Nature غيرُ ذات صلةٍ بالموضوع علىٰ الإطلاق. وإني عندما تأكَّدَتْ لي هذه الظاهرةُ الخارجة علىٰ المألوف توقَّفتُ عن تقديم مقالاتي إلىٰ هذه المجلة، وأثبتُّ في سيرتي الشخصية أنَّ من دواعي فخري أنَّ شيئاً من مقالاتي لم يُنشَر في مجلة Nature. لكنني افتقدتُ بذلك شعورَ الترويح عن النفس الذي كانت تحمله تلك التقارير التقويمية.

الشخصية الجارحة في تقويم مقالتنا، التي نُعِتَت بأنها عملٌ «غير احترافيّ»، مع أنَّ التقريرَ الناقدَ نفسَه لم يكن فيه من المحتوىٰ العلمي ما يُذكر في دحض حُجَجنا. وإذا كنتُ وجدتُ فيه أنا شخصياً شيئاً من الإساءة، فقد كان الوقع علىٰ آندي صاعقاً، إذ احتوىٰ التقريرُ من التعريض والغمز ما استوحىٰ منه آندي هويةَ هذا الحَكَم الغُفْل، وعرفَ أنه واحدٌ من منافسيه الألِدّاء منذ البدايات الأولىٰ لتطوُّر فكرة التوسُّع الانفجاري. ولعلَّ هذا يمثِّل عيباً في العملية التحكيمية كثيراً ما تُستغَلُّ لحسم خلافاتٍ شخصية.

كان من الطبيعي أن يثير ذلك التقريرُ سلسلةً من الرُّدود والرُّدود المضادّة أفضت في النهاية إلىٰ أن يكيل كلُّ واحدٍ الاتهاماتِ للآخر بانتهاج سلوكٍ غير منطقيّ. وقد تضمَّن ردُّنا الأول علىٰ نفائسَ كهذه: (إنَّ الشيء الوحيد «غير الاحترافي» في هذه المسألة حتىٰ الآن هو أنَّ الحَكَم قد أقحمَ نفسه في حالةٍ عاطفيةٍ لا عقلانية اضطُرَّ معها إلىٰ التشكيك في احترافيَّتنا العلمية. والكاتبان كلاهما يتمتعان بمكانةٍ علميةٍ راسخة ترتكز علىٰ سجلٍّ مُحْكَم من الإنجازات في هذا الميدان. وقد قدَّرنا ــ حُسْنَ ظنٍّ منّا ــ أنَّ من المفيد والحريّ أن نقف مكانتَنا العلميةَ لتعزيز بعض الرؤىٰ النظريةِ الحدسيَّة المهمَّة، وفي ذلك ما يكفي لوضع حدٍّ للتشكيك في مسألة «الاحترافية.»)

منذئذٍ راحت الأمورُ تتدهور أكثر فأكثر، ولم يُرْجَ لها بعدُ صلاحاً.

ومع نهاية شهر نيسان/ أبريل 1998 بات من الواضح أنَّ عمليةَ التحكيم لم تحرز أيَّ تقدُّم، وكانت المسألةُ قد عُرِضَتْ علىٰ مزيدٍ من المحكَّمين، إلا أنَّ حيثياتها (التي كانت مُتاحةً دوماً لكلِّ المحكَّمين الجُدد) كانت تمنع أيّاً منهم من الإنحاء باللائمة علىٰ فريقٍ دون الآخر لئلا يكتوي المحكَّم بوابل النار المقابلة. وفي خاتمة المطاف رأىٰ رئيسُ تحرير المجلة، بلفتة إيثارٍ كريمةٍ منه، أن يتدخَّل ويجعل من نفسه حكَماً. واتفقَ أنه كان حَسَنَ الخبرة في الموضوع، فأفصح عن هواجسه حول المسألة. ومع أنا لم نقتنع بانتقاداته إلا أنا شعرنا بالرضا أخيراً إذ بدا النزاعُ الآن يتناول العِلمَ، لا العلماء، محوراً له.

لعلَّك تتصوَّر الآن أنَّ معارك التحكيم ما هي إلا مجامع ضغينةٍ ونكاية؛ فإذا وقع في نفسك هذا الانطباع فدعني أُصوِّب ذلك الوهم فأقول إنَّ تقارير التقويم قد تحمل في ثناياها أحياناً قدراً يسيراً من القيمة العلمية لا يتجاوز نسبةَ واحدٍ بالمئة، إذ حتىٰ في غمرة الإهانات التي انطوىٰ عليها تقريرُ الحكَم الأول تلحظ في موضع وحيدٍ أثارةً من نَفَسٍ علميٍّ بنّاء؛ فقد أشار الحكَمُ في لحظة هدوءٍ نادرة إلىٰ أنَّ نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء تفتقر إلىٰ صيغةٍ تنسجم مع «مبدأ الفِعل الأصغر»(*)، وتلك كلمة حقٍّ أقلقتني باديءَ الأمر، لأن مبادئ الفِعل action principles بدت أولاً وكأنها صوغٌ جديدٌ موفَّقٌ لميكانيك نيوتن، وهي اليوم بمنزلة الإطار الذي تُطرح فيه النظرياتُ الجديدةُ كافةً، باستثناء نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء.

ما أسرع ما أضحىٰ مؤلَّفُ نيوتن Principia مثابةَ علم الفيزياء ومرجعَ الفيزيائيين الأوَّل، ومع ذلك لم يكن البعضُ مرتاحاً لمضامينه الفلسفية؛ فرؤية نيوتن للكون رؤيةٌ حتميَّةٌ وسببيّة. ويشتمل المؤلَّف علىٰ منظومةٍ من المعادلات تنصُّ علىٰ أنك إذا اطَّلعتَ علىٰ سلوك كلِّ جُسَيم في الكون عند لحظةٍ معيَّنة لأمكنك التنبُّؤ بمستقبله تماماً. إنها شكليةٌ يُقصَدُ بها ربْطُ السبب والنتيجة في سلسلةٍ ميكانيكيةٍ مُحكَمة لا يُسمَح بالحياد عنها بحالٍ من الأحوال، وإذا أُخذت بحسب معناها الظاهر فهي دوماً مصدر ضيقٍ كبير لأصحاب «التفكير الحرّ.»

في كون نيوتن، كلُّ شيءٍ يحدث بسببٍ أو بآخر، أي بعلَّةٍ ما. ولهذا السبب بالذات فإنَّ الكونَ النيوتنيَّ المنضبط خلوٌ من المغزىٰ (بالمعنىٰ الإنساني للكلمة). لقد عملت يدُ اللّه في الكون عندما خَلَق قوانينَ السببيَّة التي تحكمه، ثم ترك الكون وشأنه بعد ذلك. إنَّ للكون النيوتني من المعنىٰ والغاية ما لدميةٍ

(*) least action principle مبدأ ينصّ علىٰ أنَّ مسار مجموعةٍ ماديّةٍ في فضاء التشكُّل، طاقتُها الميكانيكية الكلِّية مصونة، هو ذاك المسار الذي يجعل قيمةَ الفعل مراوِحةً (متوقّفة) بالنسبة إلىٰ المسارات المجاورة بين التشكُّلات نفسها، ويكون فيه للطاقة القيمةُ الثابتة ذاتها. (المعرِّب)

آليةٍ رتيبة الحركة لا أكثر ولا أقل. وفي حدود هذا المنحىٰ من التفكير قد يذهب البعضُ إلىٰ الاعتقاد بأنَّ عملية ممارسة الحب مثلاً لا بدَّ أن تكون محكومةً هي الأخرىٰ بقوانين نيوتن، وهذا تفكير سقيم.

في سنة 1746 اهتدىٰ عالِم الفيزياء الفرنسي پيير دو موپيرتْوي Pierre de Maupertuis(*) إلىٰ طريقةٍ أخرىٰ لوصف العالَم الفيزيائي، فدرسَ المساراتِ التي تتَّبعها الجسيماتُ في منظوماتٍ ميكانيكية ولاحظَ نموذجاً تكون فيه الجُسيماتُ، المتحركةُ علىٰ امتداد مساراتها، كأنما تحاول تخفيضَ كميةٍ رياضيةٍ معيَّنةٍ إلىٰ حدِّها الأدنىٰ، فأطلق موپيرتْوي علىٰ ذلك اسم «الفعل the action». وبذلك استطاع إضفاء صيغةٍ جديدةٍ لعلم الميكانيك عندما قال إنَّ الطبيعة تسلك مسلكاً تلقائياً يُخفِّض الفعل إلىٰ حدوده الدنيا، وهذا ما يُدعىٰ مبدأ الفعل الأصغر الذي مضت الإشارة إليه توّاً. وتلك بالضبط هي الصيغة التي لم نتمكن ـ آندي وأنا ـ من استنباطها لنظريتنا في السرعة المتغيِّرة للضوء.

قد تبدو هذه المقاربةُ غريبةً عليك، لكني أُصدقك القول إنها تكافئ من الناحية الرياضية نظامَ نيوتن. غير أنها لم تُدرك في البداية إدراكاً تاماً، أو أنَّ الناس كانوا منشغلين بإقحام الفيزياء بالفلسفة والدِّين في مزيجٍ غير متناغم كان شائعاً آنذاك. فأنت ترىٰ في كون موپيرتْوي عالَماً يتَّسم بالغائيَّة finality بدلاً من السببيَّة causality: أي إنَّ الحوادث فيه ـ خلافاً لكون نيوتن ـ تقع باتجاه غايةٍ أو هدف (هو التخفيض الأدنىٰ للفعل) لا نتيجةً لسببٍ أو علَّة. وإذا تقدَّمتَ خطوةً أخرىٰ فإنك ستقيم الدليل علىٰ وجود اللّه عن طريق السيرورة اليومية للطبيعة، وليس فقط عند لحظة نشوئها إلىٰ الوجود، لأنَّ اللّه شاء أن يخفض «الفعل» فيما يصنع إلى الحدود الدنيا.

ومع أنَّ ذلك يبدو اليوم متكلَّفاً بعيدَ الاحتمال، فهو يُصوِّر نزعةً كانت

(*) 1698 ـ 1759.

سائدةً في فلسفة ذلك العصر هي مبدأ لايبْنِتْس Leibnitz(*) الأمثلي القائل إنا نحيا في عالَمٍ هو خيرٌ من العوالم الممكنة كلِّها، بفضلٍ من اللّه. وإذا كان ميكانيك موپيرتوي قد شارفَ أقصىٰ درجات الكمال بأقلِّ ما يمكن من ضياع الفعل، فإنَّ لفلسفة لايبْنِتْس قاعدةً علميةً متينة. على أن موپيرتوي سرعان ما وجد نفسه منخرطاً في جدلٍ لعينٍ حول مبدأ الفعل الأصغر. لكن ما هو أسوأ من ذلك أنه ساق إلىٰ نفسه نقمة أعداء لايبْنِتْس، ولاسيما خصمه المجاهر بعداوته ڤولتير Voltaire(**)، ووقعت بينهما مشادّاتٌ طويلةٌ أُثبتت في حوليّات الفيزياء annals of physics وبدت حيالها معركةُ نشر نظرية VSL متضائلةً قليلة الشأن.

لعلك قرأتَ أو سمعتَ برواية لڤولتير Voltaire بعنوان كانديد *Candide*، تحكي قصةَ شابٍّ ساذجٍ يعيش في عالَمٍ ظالمٍ لا يرحم من الفوضىٰ والمعاناة، وهو يؤمن دوماً أنَّ متاعبه الحاضرة لا بُدَّ أنْ تكون عاقبتُها خيراً كلها، وفي أفضل العوالم الممكنة. إنها حقّاً محاكاةٌ ساخرةٌ وعنيفةٌ لفلسفة لايبْنِتْس تثير الهزء والضحك. والواقع أنَّ ڤولتير كان رجلاً مستَهتِراً وهَجَّاءً لاذعاً، لكنه إلىٰ جانب ذلك فيلسوفٌ راسخُ الإيمان باللّه المنظِّم لنواميس الكون، وبعدم تدخُّله المباشر في تصريف الشؤون اليومية للطبيعة. ويُبيِّن ڤولتير بأُسلوبه الخاص كيف أنَّ معظم الدمار الذي أحدثه زلزال لشبونة سنة 1755 كان بسبب توقيته المشؤوم: صباح يوم أحد عندما كان الجميع يحضرون القداديس، وما يعنيه ذلك من إضاءةٍ لعددٍ كبيرٍ من الشموع توشك أن تطلق ناراً كبيرة.

وإذا كان ڤولتير على هذه الدرجة من الكراهية لفلسفة لايبْنِتْس، فلا عجب أن يصبَّ جام غضبه أيضاً علىٰ موپيرتْوي ومبدئه في الفعل الأصغر. ولعلَّ ما يُشاع من أنَّ الرجلين ڤولتير وموپيرتوي كليهما كانا علىٰ علاقةٍ بامرأةٍ واحدة في

(*) جي. دبليو. ڤون لايبْنِتْس (1646 ـ 1716) فيلسوف رياضيٌّ ألماني.

(**) 1694 ـ 1778 (المعرِّب).

تركيبةٍ رباعيةٍ معقَّدة (إذا أدخلتَ زوجها في الحساب) كان له دورٌ كبيرٌ في تأجيج هذا الخلاف «العلمي» بينهما[*]. وأيّاً كانت الحال، فقد صوَّر ڤولتير في كتيِّبٍ له بعنوان: التجريس بالدكتور أكاكيا *The Diatribe of Dr. Akakia* موپيرتوي عالماً مهووساً ومجنوناً ذهب إلى تشريح الضفادع ليتعلَّم الهندسة، وناصَر فكرةَ استعمال القوة النابذة في علاج داء السكتة، وخَرمَ الجماجم البشرية للنفاذ إلى أسرار الروح، وحاول التدليل على وجود اللّه بالعلاقة: Z-AB/BC، ومثل ذلك كثير جداً. ومما يؤسَف له أن يكون كلُّ هذا الهراء قائماً بصورةٍ غير مباشرةٍ على أبحاثٍ أجراها موپيرتوي فعلاً.

تبلغ أمارات الاختلال العقلي عند موپيرتْوي درجةً خطيرةً تقتضي استدعاءَ الدكتور أكاكيا المتخصِّص في العلوم النفسية (وجرّاح البابا!) لإعطائه العلاجَ الإسعافي، إلا أنَّ النّطاسيَّ يكتشف أنَّ مريضه المخبَّل قد فات أوان علاجه وعاد لا يجدي معه المبضع وأنه هالكٌ لا محالة، فيستعين بهيئة التفتيش المقدَّس ينشد له الحرمانَ الكنسيَّ شكلاً من أشكال العلاج النفسي، فلا يكون من المريض إلا أن يحاول قتْلَ الطبيب مستصرخاً مبدأَ الفعل الأصغر.

وقد باتت مقالاتُ ڤولتير في موپيرتْوي شاهداً ناطقاً علىٰ قوة نفاذ أُسلوب التهكُّم اللاذع. وكان الشغل الشاغل لأهل المجتمع الراقي علىٰ مدىٰ شهور هو التندُّر بموبيرتوي والسخرية منه، مستشهدينِ بفقراتٍ من كتيِّبات ڤولتير فيه، ومُجمعين علىٰ نبذ الرجل المسكين من صفوف المجتمع السويّ، حتىٰ أمسىٰ أُضحوكةَ أوروپا، فحملهُ اليأس على التماس اللجوء إلىٰ سويسرا، وساءت صحَّتُه فلم يُشْفَ بعد ذلك إلىٰ أن مات ـ كما زعموا ـ كمداً.

ها هنا يبرز الجانبُ القاتمُ للعلم أسوقه إليك بكل ما يحمله من صفاتٍ مشتركةٍ عبر القرون. فثمة من العلماء دوماً مَنْ يرىٰ في كيل الإهانات الشخصية

(*) مبلغ علمي أنَّ هذا ليس إلا وجهاً واحداً من قصة موپيرتوي التي لا علاقة لها بمعركة نشر نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء.

للآخرين ما يُشبع فضولَه أكثر مما تفعل المناقشةُ المنطقية؛ ونحن اليوم ندرك تماماً أنَّ موپيرتوي عالِمٌ أرفع مكانةً علميةً من ڤولتير، سوىٰ أنه يفتقر إلىٰ دهاء ڤولتير وسعة حيلته في الفلسفة واستعمال الكلمات. لكنَّ هذا الأخير أيسر أُسلوباً للفهم علىٰ عامَّة الناس.

ثَمَّ وجهٌ آخر لقصّة موپيرتوي، يتعلَّق بمعركة VSL ويتناول بالتحديد نظامَ التحكيم في ذلك الوقت، وهو نظام التفتيش Inquisition والحقيقة أنَّ كثيراً من أعمال ڤولتير (ومنها «التجريس») قد أُحْرقت، مع أن إحراق المقالات باعتبارها هرطقةً لم يعد عادةً متَّبعةً في أيامنا هذه. وتخطر في بالي رؤىٰ ڤولتير الواردة في «مايكروميگاس Micromegas»، وهي حكاية أحد سكان كوكبٍ يطوف حول نجم الشِّعرى اليمانية. يكتب بطلُ القصة في شبابه كتاباً شائقاً عن الحشرات، إلا أنَّ «مفتي المنطقة، وهو شخصٌ متنطِّعٌ جَهول، يجد في الكتاب ما يرىٰ أنه مريبٌ ونابٍ ومتهوِّرٌ وضلاليّ، بل مغرقٌ في الضلالة والهرطقة، فيُبادر إلىٰ رفع دعوىٰ قضائيةٍ عليه، ثم يتبيَّن أن موضوع الدعوىٰ يتناول طبيعةَ شكل البراغيث على الشِّعرى اليمانية، وهل هي مطابقةٌ لطبيعة شكل الحلزون! يُدافع مايكروميگاس عن نفسه بدهاء، ويتمكَّن من استمالة قلوب السيدات إلىٰ جانبه. والجدير بالذكر أنَّ المحاكمة تستمر مئتين وعشرين سنةً كاملة! وتنتهي بأن يدين المفتي الكتابَ وصاحبَه بإجماع خبراء في القانون لم يقرؤوا شيئاً من الكتاب، ويؤمَرُ المؤلِّفُ بألاّ يَمْثُل أمام القضاء لثمان مئة سنةٍ قادمة، ويُطرد من المحكمة التي لا تهتم سوىٰ بالهرج والتفاهات الجوفاء.» ويتوارد إلىٰ ذهني هنا سيلٌ من المقارنات بين حالاتٍ مشابهة.

لندع جانباً ذاك الابتذال العلميَّ المتفشّي وندرس تلك اللفتة العَرَضيَّة من الحكمة التي خرج بها الحكَم الأول. لماذا لم نَصُغ ـ آندي وأنا ـ نظريةَ السرعة المتغيِّرة للضوء عن طريق مبدأٍ للفعل an action principle؟

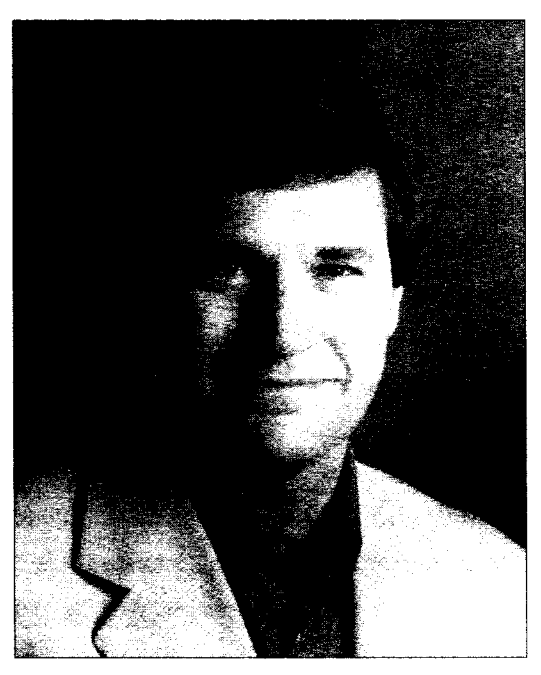
من الواضح أنَّ نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء تخالف نظريةَ النسبية الخاصة

التي تقوم علىٰ مسلَّمتَيْن هما: مبدأ نسبية الحركة، وثبات سرعة الضوء. وإنَّ اجتماع هذين المبدأيْن يفضي إلىٰ مجموعةٍ من القوانين تسمّى تحويلات لورنْتس Lorentz transformations، وهي مجموعةٌ من المعادلات تربط إحداثيات المكان والزمان كما يراها راصدون في حالة حركة، أحدهم بالنسبة إلىٰ الآخر. كذلك فهي تُلخِّص كيف يتوسَّع الزمان وتتقاصر المسافات. وتوصَف كلُّ نظريةٍ تخضع جميعُ كميّاتها لقوانين التحوُّل هذه بأنها تستوفي شروط «تناظر لورنتس Lorentz symmetry»، أو أنها «لا متغيِّرة بالنسبة إلىٰ معايير لورنتس Lorentz invariant». وفي نظريةٍ كهذه تكون القوانينُ كلُّها منسجمةً مع تحويلات لورنتس تماماً.

وبقطع النظر عن الأهمية الفيزيائية لتناظر لورنتس، فهو ذو أهميةٍ رياضيةٍ أيضاً، إذ يجعل الكثيرَ من المعادلاتِ والقوانين أبسط كتابةً؛ فالرياضيات المتَّصلة بمبادئ الفعل بخاصة تنجذب لتناظر لورنتس مع أنها لا تتطلَّبه بالتحديد (علماً بأنَّ مبادئ الفعل قد اكتُشِفت في القرن الثامن عشر، أي قبل اكتشاف نظرية النسبية بزمنٍ طويل). ويبدو أنَّ مبادئ الفعل تتَّفق تماماً مع نظريات لورنتس اللامتغيِّرة.

وبديهيٌّ أن تتعارض نظريةُ السرعة المتغيِّرة للضوء مع تناظر لورنتس، لأنها تقوم علىٰ أساس تقويض مبدئه الأساسيّ الثاني المتمثِّل بثبات سرعة الضوء. ومن ثم كان صوغُ مبدأ فعلٍ لنظرية السرعة المتغيِّرة للضوء VSL أمراً مربكاً جداً. وقد مضىٰ زمانٌ طويلٌ قبل أن أتمكَّن من معرفة طريقة ذلك. ولكن هل كان ذلك تناقضاً ذاتياً؟

بالطبع لا! فإنَّ تدوين نظريةٍ جديدةٍ بواسطة فعلٍ هوَ اتجاهٌ حديثٌ جداً في العلم، ونظريةُ النسبيةِ نفسِها لم تُصَغ بادئ الأمر عن طريق فعل، مع أنَّ الأفعال تلائمها بنوعٍ خاص. وبرغم ما يبدو من اختلافٍ في المضامين الفلسفية فإنَّ صوغَ نظريةٍ جديدةٍ باستعمال لغة نيوتن أو موپيرتوي أمرٌ منوطٌ بما يُناسب كلَّ



جون بارو John Barrow.

حالة، ونظريةُ السرعة المتغيِّرة للضوء كانت أكثر ملاءمةً فيما يبدو للغة نيوتن. ماذا إذن؟

تصوَّرِ الآن أنك تعقد مناظرةً علميةً مع حَكَمٍ يتصرَّف تصرُّف الكَلب المسعور.

فيما كانت معركةُ الإهانات هذه محتدمةً وقع حَدَثان: أولهما أني تمكَّنتُ من إقناع آندي بأنَّ عملية التحكيم قد طالت كثيراً، ويحسن بنا أن نوزِّع نسخاً من مخطوطتنا علىٰ عددٍ محدودٍ من الناس كان منهم جون بارو John Barrow، وهو عالِمٌ ذو باعٍ طويلٍ فيما يسمى نظريات «الثابت المتغيِّر Varying constant»، سرعان ما استهوته الفكرةُ وراح يمطرنا بسيلٍ من التساؤلات عن مقالتنا.

وقد سبَّبَ ذلك قَلَقاً شديداً لآندي، أذكر أنه قال لي: «انظر يا جواو ماذا

عسىٰ أن يكون موقفنا لو أنه كَتَبَ مقالةً بيده في هذا الموضوع أغفَلَ فيها عملَنا، ثم أرسلَها إلى مجلة PRD وساعفَه الحظ بحَكَم أكثر اتِّزاناً من الأبله الذي حُكِّم في مقالتنا. إنها مسألة حظٍّ علىٰ كل حال، فماذا نفعل؟ إني لا أعرف عن جون بارو شيئاً، لكن مثل هذا وارد الحدوث في الولايات المتحدة، بل وأكثر منه؛ فلو ذهبتَ تشتكي إلىٰ الناس عمّا حدث سيسخرون منك لغبائك.»

ظننتُ أنَّ في ذلك شيئاً من مبالغة، فسألتُ أحد أصدقائي ممَّن عملوا مع جون عن رأيه فيه، فأجاب: «قد أكون مخطئاً فيتكشَّف عن إنسانٍ وضيع، لكني أقول من تجربتي إنَّ جون هو أكثر مَنْ عرفتُ وثوقيةً.»

بعد بضعة أيام علمنا أنَّ جون يعدُّ بالفعل مقالاً في السرعة المتغيِّرة للضوء. ولمّا ينقضِ أُسبوعان على تسَلُّمِه مقالتَنا حتىٰ كان قد أنجزَ نموذجَه من نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء مكتوباً ومقدَّماً إلىٰ مجلة PRD للنشر!

وغنيٌّ عن القول إنَّ شعوراً من القلق والدهشة هزَّ كيان مجموعة آلبرخت ـ ماگيويجو [أي آندي وأنا]، لا سيما أني بعد ذلك غادرتُ إلىٰ أُستراليا. وبسببٍ من عوائق عدّة لم نسمع عن مقالة جون مدةً طويلة. وفي غمرة هذه المحنة أذكر أني حدَّثتُ نفسي أنَّ السبيل الوحيد للخروج من هذا المأزق ربما يكمن في إشراك جون معنا، كطريقةٍ لحصر الضرر الحاصل، فذلك خيرٌ من لا شيء. وبدا جون بعمله هذا كأنه يريد أن يُبادرنا إلىٰ غايتنا، وتراءت مخاوفُ آندي وكأنها أضحت حقيقةً واقعة.

لكنَّ رحلتي إلىٰ أُستراليا نقلت تفكيري إلىٰ صعيدٍ آخر مختلفٍ تماماً، بعد أن تمثَّلتُ العباراتِ المتكررة التي تحضُّ على «عدم القلق» بكثيرٍ من السعادة الغامرة؛ فأستراليا هي وطن صديقتي كيم التي قضت أكثر من ستِّ سنواتٍ بعيدةً عنه؛ لذلك انتهزنا الفرصةَ لتنفيذ مشهد رحلةٍ برِّيَّةٍ طويلة بالسيارة مسافةً تتجاوز 7000 كيلومتر في بضعة أسابيع. كانت الرحلةُ ممتعةً جداً. وكثيراً ما

كانت تردني رسائل إلكترونيةٌ من الشتائم والإهانات، ويلوح لي خطر ابتدار جون لنا في مسعانا. لكنَّ شيئاً من ذلك لم يمنعني من الاستمتاع بوقتي مسترخياً سعيداً على أرضٍ أحببتُها حقاً: لقد كانت لي العلاجَ الأمثل.

وبما يشبه نموذجاً كونياً اقترحه يوماً الفيزيائيُّ المعروف ميلْن Milne فإنَّ أُستراليا تتمتَّع بالفسحة والسَّعة أكثر منها بالمادة، وهذا بالضبط ما يجعلها أكثر جاذبيّةً؛ فمعظم أراضيها صحارىٰ قاحلةٌ أو أدغالٌ كثيفةٌ مَرِيْعة يغزر فيها وجودُ التماسيح بخاصّة. ومع أنَّ مساحة أُستراليا لا تقلُّ كثيراً عن مساحة الولايات المتحدة، إلا أنَّ عدد سكانها لا يزيد كثيراً علىٰ سكان البرتگال. وإنَّ وفرة الحيوانات فيها تُسبِّب الذُّعر لبعض زوّارها الأوروبيين وطلاّب المتعة من أهل البلاد المحلّيّين.

لساعاتٍ وساعات ونحن نتنقَّل عبر العدَمية nothingness وهو تناقضٌ فلسفيٌّ حريٌّ بأن ينقلك إلىٰ حالةٍ نفسيةٍ غير مألوفة. وفي حين تنبسط الطُّرق أمامك منفتحةً أحياناً وسطَ اللامكان كنّا نقطع بلدةً مهجورةً تحمل اسماً من قبيل وولارو ـ ميلارو ـ بيلارو عدد سكانها لا يزيد علىٰ بضع عشراتٍ، إلا أنهم ينعمون بتخطيط مدنٍ من الطراز النابليوني الذي يتميَّز بالأرصفة الضخمة والشوارع العريضة الفخمة التي تحفُّها الأشجار والتي تزخر بالعدم. ويتبدّىٰ لك بوضوح أنَّ دولةَ الرفاهة في حالة نشاطٍ دائبٍ لا يتوقَّف. وواقع الأمر أنَّ أُستراليا هي أقرب إلىٰ هجينٍ بين الدنمرك والولايات المتحدة: دولة رفاهة، لكن بهرمونات.

وكنّا في أوقاتٍ أخرىٰ نقضي سحابةَ اليوم كلِّه دون أن نرىٰ أثراً لحضارة، اللهم إلا بعض القنوات المائية الجافَّة هنا وهناك، تحمل دوماً أسماءً مثيرةً للخيال من قبيل: جدول بطول ميلَيْن، وجدول بطول تسعة أميال، وجدول بطول سبعة أميال، وجدول بطول ثلاثة أميال، وهلمَّ جرّاً. ثم وجدتُني ـ

بذهني الرياضيّ ـ أُنشئ مخطَّطاً بيانياً نسيجياً يُحصي توزيعَ أطوال الجداول الأسترالية. ألم أقل لك إنَّ عقل الإنسان في هذا الفراغ العدميّ يطير بعيداً بعيداً إلىٰ عوالم سرياليةٍ حالمة؟!

لكني قرَّرتُ أن أقوم بأنشطةٍ لا تقتصر علىٰ ما يفعله السيّاح فقط؛ فألقيتُ محاضراتٍ في جامعاتٍ عدّة، وأحببتُ من قابلتُهم من الناس، ولا سيما أفكارهم الفِجَّة في اتجاهات علم الكون. وأذكر علىٰ سبيل المثال أني التقيتُ في ملبورن شخصاً اسمه راي فولكاس Ray Volkas قال عندما سمع فكرتي إنَّ نظريةَVSL تُحاكي في عدم ثباتها نظريةَ التوسُّع الانفجاري لا أكثر ولا أقل، إلا أنها علىٰ الأقل أكثر طرافة. كذلك التقيتُ پول ديڤِز Paul Davies في آداليد Adalaida، الذي كان قبل بضع سنواتٍ قد ترك عمله في الجامعة ليُكرّس نفسه لكتابة العلوم الميسَّرة التي يفهمها سوادُ الناس. ومن أجل هذا القرار انتقده العلماءُ الآخرون وشنَّعوا عليه، لكني أكبرتُ فيه عدمَ تحوُّلِه إلى بيروقراطيٍّ منغلقٍ كأغلب منتقديه، إضافةً إلىٰ ما لاحظتُه وأنا أسير بصحبته في ممرّات الحرم الجامعي من أن كلَّ الحسناوات هناك يومئنَ إليه تحيَّة واحتراماً.

ثم قابلتُ في كانبرا Canberra مجموعةً من الفلكيين الذين يعملون في ماونت ستروملو Mt. Stromlo، وهو مرصدٌ تحيط به أعدادٌ كبيرةٌ من حيوان الكنگر. وكانت تلك هي المرة الثانية التي أقترب فيها من مقراب فلكي. أما المرة الأولىٰ فحصلت أيامَ كنتُ طالباً في الجامعة عندما ساعدتُ أحد زملائي في تنفيذ مشروعٍ له في علم الفلك. ولا أنسىٰ أني في تلك الواقعة أسقطتُ بابَ القبة علىٰ سطحِ مرآة المقراب، جالباً علىٰ نفسي سيلاً من الشتائم، لكنَّ المرآةَ نفسَها بأُعجوبةٍ لم تنكسر. ولم تُطلَب مني المساعدةُ بعدئذٍ قطّ. الآن، وفي وسط خضمٍّ من حيوانات الكنگر، رحتُ أتأمّل كم تطوَّر علمُ الفلك منذ أيام هَبِل، مع تقدُّم مطَّردٍ في التكنولوجيا وإبعادٍ في دقة المعطيات، حيث صار ينبغي علىٰ علماء الكون التدقيقُ في العالَم الحقيقيّ قبل الانغماس في عوالم

خيالاتهم. وما كان بِدعاً أن يسخر علماءُ الفلك في ماونت ستروملو من نظرية VSL وأن يعدّوها شطحةً من شطحات خيالي.

لكنَّ العمل الجدّي أُنجز بينما كنتُ أزور جامعةَ نيوساوث ويلز New South Wales في سِدني Sydney(*). وكان جون بارو آنئذٍ مديراً لقسم علم الفلك في جامعة سُسِّكْس Sussex القريبة من لندن. لم نكن قد التقينا من قبلُ قطّ، واتّفق أن التقينا أولَ مرةٍ في سِدني أثناء تلك الرحلة. غير أنَّ لقاءنا الأول كان طامّة كبرىٰ.

كان جون قد ألقىٰ، بألمعيَّته المعهودة، محاضرةً عامة عنوانها: «هل الكون بسيطٌ أم معقَّد؟»، وأذكر أنَّ طفلةً عمرها أربع سنوات كانت بين الحضور تصغي باهتمامٍ إلىٰ حديث جون الذي استرعاها وضوحُه وطلاوته، حتىٰ إنها طرحت عليه سؤالاً ذا صلةٍ بالموضوع في النهاية.

بعد ذلك اصطحَبَنا مضيفُنا جون وِبْ John Webb لتناول العشاء في مطعمٍ أنيقٍ علىٰ رصيف الميناء، وهناك جرت مناقشةٌ مُلْتَهِبَة، إذ كنتُ وجون بارو علىٰ طَرَفَيْ نقيض من الطَّيْف السياسي، ودفعَه ميولَه المحافظ علىٰ النطق بعباراتٍ لا تُغْتَفر في أثناء تناول العشاء. وانتهينا ـ كيم وأنا ـ إلىٰ الصراخ عليه شتماً، تسانِدنا زوجةُ وِبْ في الهجوم عليه، وسط نظرات الاستهجان من الحاضرين علىٰ الموائد الأخرىٰ؛ فالشِّجار حتى في أستراليا ليس أمراً معتاداً في المطاعم الفخمة.

بعد هذه التجربة وجدتُ من الحكمة العدول عن فكرة التعاون مع جون [بارو]، لولا أنّا تقابلنا في اليوم التالي في الجامعة ورحنا نتحدث في العِلم،

(*) خلافاً لجامعة نيو ساوث ويلز، فقد بلغ من اعتداد قسم الفيزياء في جامعة سِدني بنفسه أنه ـ برغم قصور مردوده العلمي ـ لا يقبل زياراتٍ يقوم بها علماء في الكونيات. وفي ضوء ذلك فليس من العدل القول إنَّ عليهم إسناد عملٍ متقدِّم لمحرّر مجلة Nature الذي تقدَّمت الإشارة إليه.

وسرعان ما سَرَتْ بيننا روحٌ من التفاهم المتبادل جعلتنا نشترك علىٰ مدىٰ العام في كتابة أربع مقالاتٍ عن نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء! كم تبهرك قدرةُ العِلْم دوماً علىٰ جمع الشتيتَيْن بعدما يظنّان كلَّ الظنِّ أن لا سبيل إلىٰ تلاقيهما.

وفي سِدني أيضاً رأيتُ نسخةً من مقالة جون التي اكتتبها عن نظريةالسرعة المتغيِّرة للضوء ولم تكن مخاوفنا ـ آندي وأنا ـ لتخطئ في هذا الصَّدد قطّ، وكان جون حريصاً جداً علىٰ عزو الفضل إلينا كاملاً عندما أشار إلىٰ نظرية VSL باسم «نموذج آلبرخت ـ ماگيويجو.» وقد أظهرت سرعةُ إخراجه للمقالة اهتماماً خالصاً لديه في هذا الموضوع، لا محاولةً لاقتناص شرف الكشف عنه. وكان ذلك يعني لي أنَّ الاهتمام بنظرية VSL قد ينتشر انتشاراً سريعاً في أجزاء معتبَرةٍ من الأوساط العلمية، فأسعدني ذلك كثيراً.

لكني علمتُ في زيارتي هذه بتطوُّرٍ آخر أكثر أهمية، يتمثَّل في أنَّ فريقاً من علماء الفلك الأستراليّن، علىٰ رأسهم جون وِبْ، قد وَجَدَ دليلاً علىٰ ما يمكن أن يكون سرعةً متغيِّرةً للضوء. وكان ذلك خبراً مثيراً لي حقّاً، حدَّثتني نفسي معه أن أتجشَّم قطع المسافاتِ عائداً إلىٰ ماونت ستروملو لأضع الحقائق أمام أعينهم. وبالطبع كانت النتيجةُ نفسُها مثارَ خلاف، ومازالت تحتمل تفسيراتٍ أخرىٰ، ولكن بدا أخيراً وكأنَّ نظريتنا ربما تفوق بالفعل نظريةَ التوسُّع الانفجاري من أحد الوجوه المهمّة: ذلك أنها قد تحمل دليلاً رصدياً مباشراً عليها.

وقد ذكرتُ سابقاً أنَّ سرعةَ الضوء (المعبَّر عنها بالحرف «c» في المعادلات) هي جزءٌ لا يتجزّأ من صلب نسيج علم الفيزياء، وتتجاوز دلالاتُها علمَ الكونيات، وهي تظهر في أكثر المواضيع غرابة، كالمعادلات التي تحكم حركةَ الإلكترونات داخل الذرّات. وإنَّ ما يسمّى «ثابت البنية الذرّية الدقيقة atomic fine structure constant» (ألفا Alpha اختصاراً) يتوقّف بنوعٍ خاصٍّ علىٰ c.

عندما يخترق الضوءُ سحابةً غازية تمتصُّ إلكتروناتُها ضوءَ ألوانٍ معيَّنة، مولِّدةً في الطَّيْف نموذجاً من الخطوط الدكناء، يتَّفق وسُلَّمَ الطاقة الذي تتوضَّع الإلكترونات عليه داخل الذرّات. لكنَّ الدراسةَ الدقيقةَ تُبيِّن أنَّ بعض هذه الخطوط هي في الواقع خطوطٌ عدَّة متراصَّة، لأنَّ للأطياف الذرّية «بنيةً دقيقة». ويعتمد النموذجُ «الدقيق» على عددٍ يسمىٰ ثابتَ البنية الدقيقة. ويستعين علماء المختبرات بهذه الحقيقة في تقدير قيمة الثابت بدقةٍ متناهية. ولعلَّ مما يثير العَجَب أنَّ c يظهر في العبارة الرياضية في حالة ألفا، ويُعَدُّ النظر إلىٰ الأطياف الضوئية طريقةً لقياس سرعة الضوء.

من الطريف أنَّ العملية نفسها يمكن أن يجريها علماءُ الفلك بدرجةٍ أكبر من الدقة، عن طريق النظر إلىٰ ضوءٍ يخترق سُحُباً نائية. وقد أظهرَ العملُ الذي قام به جون وِبْ وفريقُه أنه في حين أنَّ الضوءَ الصادر عن مجرّات قريبة يثبت القيمَ المعملية في حالة ألفا، بدا أنَّ الضوءَ الصادر عن سُحُبٍ نائيةٍ يُشير إلىٰ أنَّ الثابت مختلف. ولنتذكر أنّا عندما نرصد الآن أجراماً بعيدة، فإنّا ننظر إليها أيضاً في الماضي، لأنَّ الضوءَ يقتضي زمناً حتىٰ يستغرق المسافةَ التي تفصلها عنّا. وبدا أنَّ النتائج التي خلص إليها وِبْ تشير إلىٰ أنَّ قيمة ألفا تتغيَّر بمرور الزمن. فإذا صحَّت نتائجُه، كان أحدُ التفسيرات المحتملة (وسأُناقش احتمالاتٍ أُخرىٰ بعد قليل) أنَّ قيمة c تصغر! ومع أنَّ هذه النتائج مازالت بحاجة إلىٰ إثبات، إلا أنَّها موحيةٌ جدّاً، وتعدُّ بحدِّ ذاتها نصراً لنظرية السرعة المتغيِّرة للضوء، علماً بأنَّ الطبيعة وحدها هي التي تقدِّر كلَّ نظريةٍ حقَّ قدرها، تبعاً لما تتنبَّأ به النظرية من نتائج تجريبيةٍ صحيحة.

عدتُ من أستراليا بحالةٍ نفسيةٍ طيِّبةٍ جداً، أحمل معي ثلاثة أذخارٍ نفيسةٍ يتمثَّل أحدها في الحصول علىٰ مشاركٍ جديدٍ بدا من قبلُ شبحاً ينافسنا، وثانيها في الدليل اللافت الذي انتهيتُ إليه. لكن معظم معارفي في لندن لم يلاحظوا فيَّ أكثر من سفعة الشمس التي لوَّحتني.

قضيتُ الشهورَ التي تلت في إجراء ما أَطلق عليه جون بارو فيما بعدُ اسمَ «إعادة تأهيل رئيس تحرير مجلة PRD. كانت عمليةً شاقّة، ومع ذلك ما إن دخلَ رئيسُ التحرير في المسألة حتىٰ تحوَّلت إلىٰ معركةٍ علميةٍ صرفة. وفي حين كانت بعضُ الأسئلة التي أُثيرت لا صلة لها بالموضوع من قريب أو بعيد، كان بعضُها الآخر دقيقاً وثيقَ الصلة به. وكانت ملاحظاتي اليوميةُ في هذه الأثناء تُبرِز دوماً أهميةَ كيف يتعلَّم المرءُ تقبُّلَ النقد؛ فلو أنك حبستَ نفسك ضمن حدود عالَمِك الصغير لكان في ذلك نهايةً حتميةً لنظريتك. وإنَّ كثيراً من الانتقادات التي تتلقاها عقيمةٌ ولا تعبِّر سوىٰ عن الرأي القائل بمحاربة كلِّ جديدٍ غيرِ مألوف. وفي وضع كهذا من المهم أن تكون حذِراً في اختيار موطئ قدمك، ودقيقاً في إدراك الفرق بين التعليقات الهادفة والتعليقات السقيمة.

إنَّ إظهار التعنُّت في مسائل من قبيل السرعة المتغيِّرة للضوء يُفسد عليك أمرك؛ فقد التقيتُ منذئذٍ عدداً من الفيزيائيين المتصلِّبين في آرائهم، ولاحظتُ أنهم كانوا جميعاً منبوذين لا يعبأ بهم أحد، ويحملون مشاعرَ سخطٍ وغصصاً مريرةً في نفوسهم، وأنهم في شيخوختهم يزداد تعنُّتهم ويصبحون صُمّاً عن الحقائق تماماً. ولعل لنظرية لامارك Lamarck، التي تقول إنَّ الأعضاء التي لا تعمل تتلاشىٰ فاعليتُها تدريجياً، دوراً تؤديه في هٰذه الظاهرة.

ولأضرب لك مثالاً علىٰ بعض المسائل التي لم تكن محسومةً في المناقشات: فمن أهم الاعتراضات التي أثارها رئيسُ تحرير المجلة هو المعنىٰ الفيزيائي لقياس c متغيِّر؛ فكَتَبَ إنَّ بإمكانك دوماً تحديد الوحدات المستعمَلة في المكان والزمان حيث لا تتغيَّر قيمة c. وقد أوقعني هذا التعليق في حيرةٍ لأنه أمرٌ بديهي. افترضْ أنه قيل لك إنَّ سرعة الضوء كانت في الماضي ضعفَيْ قيمتها الحالية عندما كان عمرُ الكون نصفَ عمره اليوم. ولما كان ذلك لا يروقك، فإنك تتمنىٰ لو تستطيع إعادة معايرة الميقاتيات كلِّها التي كانت

مستعملةً عندما كان عمر الكون نصف عمره الحالي، لترىٰ أنها كانت أسرع مرتين. وسرعان ما تكتشف. . . أنَّ سرعة الضوء تصبح نفسها.

تناقشنا ـ آندي وأنا ـ طويلاً في هذا الموضوع، وتبيَّن لنا أنَّ المناقشة لا بُدَّ من أنها تُعاني خللاً ما، وإلا فما معنىٰ أن يكون بإمكانك مع كل ذلك إعادة معايرة ميقاتياتك حيث تغدو سرعةُ الضوء متغيِّرةً حتى في الظروف التي يُفتَرض أن تكون ثابتة. وبالفعل يمكن أن يحدث ذلك ببساطة لو أُخذت إحدىٰ الساعات الضخمة ذوات البندول في رحلةٍ فضائيةٍ إلىٰ القمر مثلاً. هناك تتباطأ دقّاتها (بسبب ضَعْف الثقالة على القمر). وإذا كنتَ تصرَّ علىٰ أنَّ تلك الميقاتيات هي الطريقةُ الصحيحة لضبط الوقت، فطبيعيٌّ أن تجد أنَّ سرعةَ الضوء علىٰ القمر أعلىٰ بكثير.

نعم، لا بُدَّ أن ثمَّة ثغرةً في مكانٍ ما؛ أعملتُ فكري طويلاً. . . وقلَّبتُ الأمر علىٰ وجوهه، ودخلتُ في متاهاتٍ عويصة من غير أن أجد سبيلاً لتفادي المنطق الذكي لمحرّر مجلة PRD علىٰ كثرة البحث. ثم اهتديتُ إلىٰ المكان الذي ينبغي عليَّ أن أبحث فيه عن الإلهام: نتائج أرصاد جون وِبْ (التي اتفق أنها لم تكن معروفةً لمحرِّر المجلّة)، حيث وقعتُ علىٰ مثالٍ لتجربةٍ قد تُفسَّر علىٰ أنها c متغيِّر. هل كانت مجرَّد مغالطةٍ يا تُرىٰ؟ وهل استعمل جون وِبْ الميقاتيةَ الضخمةَ ذات البندول عن غير قصدٍ منه في أرصاده للكون الفتيّ؟

بالبحث الدقيق جاء الجوابُ نفياً قاطعاً. إنَّ ثابتَ البنية الدقيقة ألفا يُعطىٰ عن طريق النسبة بين مربَّع شحنة الإلكترون (e2)، وحاصل ضرب سرعة الضوء c في ثابت پلانك h. وبحلِّ هذه النسبة ستجد أنَّ كلتا المجموعتين الكميَّتين تقاسان بالوحدات نفسها، وهي الطاقة مضروبة في الطول. ولأنَّ ثابتَ البنية الدقيقة هو نسبة كميَّتيْن مقيستَيْن بالوحدات ذاتها، فذلك يعني أنَّ ليس لهذا الثابت وحدات.

وهذا صحيح، تماماً كما أنَّ پي pi (وهي العدد . . .3,14 الذي تعلَّمته في

المدرسة بالرمز π) ليس لها وحدة. وپي هي النسبة بين طول محيط الدائرة وطول قطرها، فهي تتَّخذ القيمة نفسها سواءٌ أكان قياس الطولين بالأمتار أم بالأقدام. بالمثل فإنَّ ألفا عددٌ تجريديٌّ لا تتوقَّف قيمتُه علىٰ الوحدات أو علىٰ الوسيلة المستعملة في القياس (ساعةً إلكترونيةً أم ميقاتيةً ضخمةً ذات بندول). وهكذا فإنَّ مسألة استقرار قيمة ثابت البنية الدقيقة، كما بيَّنها جون وِبْ وزملاؤه، كانت ترقىٰ فوق النقد الذي أثاره محرِّر المجلّة. وبقطع النظر عمّا قد تفعل من إعادة معايرة الميقاتيات وإعادة تحديد الوحدات، ستجد أنَّ ألفا متغيِّرةٌ دوماً.

لكنك الآن تواجه مشكلة؛ فلو وَجَدَ جون وِبْ أنَّ ألفا هي بالفعل قيمةٌ ثابتة لكان من دواعي سعادتنا القول إنَّ e وc وh كلَّها ثوابت أيضاً. إلا أنه لم يجد ذلك، بل وَجَدَ أنَّ ألفا تتغيَّر مع الزمن. إذن أيُّها الملوم: e أم c أم h؟ إنَّ الوضع دقيق؛ فأيُّ إجابةٍ تعطيها عن هذا السؤال تنطوي علىٰ عزو صفة التغيُّر إلىٰ ثابتٍ له وحدات، ثم تقع فريسةً للنقد الذي وجَّهه صاحبُ المجلة، أي إنك تستطيع دوماً تغييرَ الوحدات حيث يصبح «الثابت المتغيِّر» الذي اخترتَه ثابتاً بالفعل. إلا أنك لا تملك خياراً آخر، في حين أنَّ القول إنها غير متغيِّرة جميعاً لا يُعدّ اختياراً. أيُّها هو المتغيِّر فعلاً إذن من بين e وc وh؟

ومالبثنا ـ آندي وأنا ـ أن أدركنا أنَّ أُسلوبَ البساطة وحده هو الذي يدلُّك علىٰ الجواب. إنَّ اختيارك يعني تعيين نظامٍ للوحدات، وهي عمليةٌ عشوائيةٌ بالطبع، غير أنَّ هناك نظاماً معيَّناً للوحدات يُسهِّل عمليةً بعينها. علىٰ سبيل المثال، أنت تملك الخيار في التعبير عن سنِّك بالثواني أو بالسنوات. لكني لو قلتُ لك إنَّ سنّي الآن يبلغ 579،224،072،1 ثانية، ألا ترىٰ عندئذٍ أنَّ اختياري للثانية واحدةً للتعبير هنا يبدو غريباً ومستهجَناً؟ بالمثل فإن أيَّ اختيارٍ للوحدات تمليه بساطةُ وصفك، وهذا الاختيار هو الذي يُحدِّد أيَّ الثوابت البُعديَّة يُفترَض أن يكون متغيِّراً.

ونظرية السرعة المتغيِّرة للضوء نظريةٌ تتَّصل بالطبيعة، وتتغيَّر فيها ألفا حيث يكمن أيسر طرائق توصيفها في اختيار وحداتٍ يكون فيها c وربما e أو h أيضاً) متغيِّراً. ولتوضيح هذا أجريتُ مع جون بارو اختباراً مثيراً غيَّرنا فيه واحدتِ نظريتنا VSL حيث أصبح c ثابتاً. وكانت النتيجةُ علاقةً رياضيةً طويلةً ومعقَّدة اعتقدنا معها أن فكرتنا قد وصلت. إذن فإنَّ c المتغيِّر ـ كما أشار المحرِّر ـ هو خيار أو تقليد، لكنه التقليد الصائب الذي يُعتمَد في مساق نظريةٍ كنظريتنا تقوم على مناقضة النسبية.

كانت النسبيةُ، وفقاً لنظريتنا، نظريةً متهالكة؛ ومبادئ تناظر لورنتس غير فاعلة؛ وثباتُ القوانين مع الزمان متلاشية. وقد أُدخل عددٌ كبيرٌ من أفكارٍ أخرى جديدة حتى صار جزءاً لا ينفصم من تنبُّؤات النظرية. وكان من المنطقي تماماً، باستبعادنا أحد أركان لا تغيُّر لورنتس Lorentz invariance وهو ثبات سرعة الضوء، أن نستعمل وحداتٍ لإظهار هذه الحقيقة؛ وإذا فعلنا ذلك ستكون النتيجةُ صورةً أخرى أكثر جلاءً لنظريتنا(*).

ومن الغريب أنَّ هذه المناقشة مع المحرِّر أعادت إلىٰ ذاكرتي الإحباطَ الكبير الذي كان قد أصابني عندما كنتُ أتعلَّم الفيزياء والرياضيات تعلُّماً ذاتياً، جاهداً في تفهُّم كتاب «معنىٰ النسبية The Meaning of Relativity.» ومازلتُ أذكر كم كان يسخِطني ما كان يعمد إليه معظم كتب الفيزياء من الاستعانة بنتائج تجاربهم التي هم بصدد إثباتها. خذ مثالاً مبدأ العطالة أو القصور الذاتي principle of inertia الذي ينصّ علىٰ أنَّ الجسيمات تحافظ علىٰ سرعةٍ ثابتة ما لم تعمل فيها قوّةٌ خارجية. لكنّا نتساءل ما هي السرعة الثابتة؟ إنك لكي تقيس سرعةً تحتاج إلىٰ ميقاتية. كيف تنشئ ميقاتية؟ هنا تبدأ المشكلة: فالكتب إما أن تتملَّص من هذه المسألة، وإما ألاّ تتحرَّج من الاستفادة من الفيزياء التي مازالت

(*) استنبطنا ـ بارو وأنا ـ نظرياتٍ أخرىٰ يُنحىٰ فيها باللائمة علىٰ شحنة الإلكترون فيما يتصل بالتغيُّرات في ألفا. وهي تختلف تماماً عن نظرية VSL، ولها تنبؤات تجريبية مغايرة.

في طور البرهان (من قبيل قانون العطالة) في إنشاء ميقاتية. ويبدو أنَّ هذا الجدل كلَّه يدور في حلقةٍ مُفْرَغَةٍ لا طائل منها.

لمّا سئمتُ تكاليفَ هذه المسألة عزمتُ على تصويب المسار بتأليف كتابٍ في الفيزياء، وكانت تلك تجربةً شاقّةً وعقيمةً حقّاً، لأنَّ محاولاتي إعادةَ صوغ الميكانيك كانت دوماً تبوء بالفشل، لم تنجح منها واحدة علىٰ كثرة ما حاولتُ؛ فكان صوغ قوانين من مثل قانون العطالة ينتهي إلىٰ لغوٍ وتكرار لا معنىٰ له، يحملني علىٰ إعادة الكرَّة من جديد.

لكن لا تتعجَّل؛ إنَّ السرعةَ الثابتة التي ينصّ عليها قانونُ العطالة، وكذلك سرعةُ الضوء الثابتةُ المسلَّم بها في نظرية النسبية تحملان صفةً مشتركة. فكلتاهما تندرجان في باب السرعة علىٰ كل حال. بعد هذه المناقشة مع الحَكَم، أدركتُ أخيراً سببَ إخفاقي في محاولاتي الأولىٰ لتقويم مسار الفيزياء.

إنَّ النظريات الفيزيائية، كقانون العطالة أو اطّراد الزمان أو السرعة المتغيِّرة للضوء، معظمها عقيمٌ إلىٰ حدٍّ ما لأنه دائريّ النزعة circular(*)، لا يرقىٰ إلىٰ أكثر من تعريفٍ لنظام وحدات. فقانون العطالة مثلاً لا يزيد علىٰ أن يخبرك بوجود ميقاتيةٍ وقضيب بوساطتهما يصحُّ قانونُ العطالة. إنه لا يحملك علىٰ استعمالها، ولا يخرج بفكرةٍ يمكن إثباتها عن طريق التجربة، من غير العودة إلىٰ نقطة البداية. وبإمكانك بعد ذلك صوغ قوانين نيوتن ببساطةٍ وسهولة، ثم تدرك في خاتمة المطاف من جملة البناء فِكَراً ليست دائرية النزعة، وتمنحك قوةَ التنبُّؤ.

ومن الأمور الحتميَّة أنَّ بعضَ جوانب الفيزياء تتَّسم بالحشو أو بمجرَّد إيراد تعريفات، إلا أن الحشو لا يمكن أن يكون بلا مسوِّغ؛ فالنظرية بكاملها لا بدَّ

(*) أي يستعمل النقطةَ التي يحاول إثباتها دليلاً للوصول إلى النتيجة، في حلقةٍ مُفرَغَة، ثم إنَّ صحة المقدِّمات لا يمكن إثباتها بمعزلٍ عن النتائج. (المعرِّب)

من أن تشتمل علىٰ أثارةٍ من الفِكَر تحمل معنىً حقيقياً، وإن التعاريف التي تُطرح تجعل المحتوىٰ الحقيقي للنظرية أكثر وضوحاً.

ثم إنّا أضفنا إلىٰ مقالتنا فصلاً جديداً يُفسِّر هذه الرؤيةَ تفسيراً علمياً تراجَعَ المحرِّرُ علىٰ إثره عن انتقاداته. وكانت تلك واحدةً من وقائع عدةٍ كان فيها علىٰ حقّ وكنّا في الوقت نفسه قادرين علىٰ معالجتها بالاستعانة بنظريتنا في السرعة المتغيِّرة للضوء. على هذا السَّنَن تابعنا مناقشة تفصيلات النظرية مدةَ ستَّة أشهرٍ أخرى، ونتج عن ذلك تضخُّمٌ في حجم المخطوطة إلى ضعفَيْ حجمها الأصلي. وبالإجمال مرَّت المقالةُ بما يزيد علىٰ سبع جولاتٍ من أخذٍ وردٍّ بين تقارير المحكَّمين وإجابات المؤلِّفَيْن.

ولا بُدَّ من الإقرار بأنَّ المقالة قد تحسَّنت في محتواها العلمي إلىٰ حدٍّ بعيد بعد هذه الدورة الشاقَّة. ومع نهاية صيف سنة 1998 بدأت الأمور تميل إلىٰ الالتقاء والالتئام، ببطءٍ ولكن باطِّراد.

وبرغم كل التقدُّم الذي تحقَّق، لم يخلُ الجوُّ من بعض لحظات الشِّدَّة. فقد قام محرِّرُ مجلة PRD بزيارة جامعة إمپريال، ولن أزيد علىٰ القول إنَّ ما بدأ مناقشةً علميةً مهذّبة سرعان ما انحدرَ إلىٰ تعمُّدٍ للإساءة. وفي محاولةٍ لتحسين صورتنا وتلطيف الجوّ المتوتِّر رافقْنا (آندي وأنا) الرجلَ إلىٰ محطة قطارات الأنفاق في يوم مشمسٍ، لكنّا لم نتبادل سوىٰ بضع كلمات. لقد كان المحرِّرُ طوال الوقت عابساً.

وقد حدث مرةً أن تأخَّر محرِّر مجلة PRD عن الردّ شهوراً، فبدا لي أن أقترح تقديمَ مقالتنا إلىٰ مجلةٍ أخرىٰ في وقتٍ واحد (وهو عملٌ مخالفٌ للقانون)، ورأيتُ في ذلك تعويضاً عن الأذىٰ الذي لحق بنا. غير أنَّ آندي لم يوافق علىٰ مبادرتي قائلاً إنَّ الأمر الحاسم في مثل هذه المعارك هو ألا ترسل كلَّ ما لديك إلىٰ الجحيم ثم تنأىٰ بنفسك. وبأسلوبه الفلسفي المنمَّق قال آندي: «إنها حلقةٌ مفرغة اسمها المرارة. وكلُّ مَنْ يبدو مطَّلعاً علىٰ بواطن

الأمور يترجَّح أنه قد مرّ بتجارب كثيرة بعثَتْه علىٰ التراجع إلىٰ المرارة؛ علىٰ أنَّ ما يُبقيه في مركز الاطّلاع استجابتُه لمختلف الظروف بصورةٍ بنّاءة.» وأعتقد أنَّ آندي كثيراً ما كان يؤدّي دور «الشرطي» في معاركنا التحكيمية، إلا أنه ـ خلافاً لي ـ كان يعرف تماماً متىٰ يتوقَّف. إني مدينٌ له حقاً.

وفي المرحلة الأخيرة من معركة النشر الطويلة التي خضناها، ومع عودة دفء الصيف، عادت روحُ الحماسة والاندفاع لنظرية السرعة المتغيِّرة للضوء ترفّ علىٰ آندي أشدَّ ما تكون، بل إنه أسهمَ بتقديم حساباتٍ مفيدةٍ لمقالتنا المتطوِّرة. وقد يكون مبعثُ تلك الشحنة هو الأدرينالين الذي ولَّدته معركةُ التحكيم. وأيّاً كان السبب، فقد عادت أيامُنا الخوالي لتزكو مزهرةً بعنفوانها القديم، مع تنامي مقالتنا ونضوج رؤانا. وبدافعٍ من الأمانة رأيتُ لزاماً عليَّ أن أذكر الحقبةَ المظلمة من علاقتي مع آندي؛ ومع ذلك أؤكد أننا بقينا علىٰ مدىٰ السنين صديقَيْن كأوفىٰ ما يكون الأصدقاء. ولعلَّ هذا النوع من علاقة الحبّ والكراهية هو البوتقة الضرورية للفكرات والرؤىٰ الابتكاريةِ الخلاّقةِ جميعاً.

لكن حتىٰ في غمرة الانفراج تلك وتجدُّد انطلاقتنا ـ آندي وأنا ـ، كان ثمة نكسةٌ كبيرةٌ بانتظارنا. ففي ذلك الصيف أزمع آندي مغادرةَ بريطانيا إلىٰ جامعةٍ أمريكية. وأعتقد أنه كان يتعرَّض لمختلف ضروب الضغط ليفعل ذلك، إلىٰ أن تلقّىٰ عرضاً لا يسعه رفضه. فكان هذا خسارةً كبيرةً لعلم الكون البريطاني. لكن ما أزعجني فعلاً هو أنَّ آندي قد أحبَّ جامعة إمپريال، ومع ذلك تركها.

وتتفرَّد بريطانيا بقدرتها علىٰ صرف المواهب. ويميل الناسُ إلىٰ تسويغ ذلك بأنَّ مؤسساتها الأكاديمية لا تستطيع مجاراة الولايات المتحدة مالياً، لكني وجدتُ في هذا التسويغ عذراً واهياً؛ فالحقيقة هي أنَّ «هجرة الأدمغة brain drain» ظاهرةٌ ذاتيةٌ تماماً يُحدِثها المرءُ في نفسه، وهي نتاج حضارةٍ يتميَّز فيها المحاسِبون والمحامون والمستشارون والسياسيون وخبراء المال من مختلف

المشارب فوق المعلِّمين والأطباء والممرِّضات ومن علىٰ شاكلتهم درجات. هل أصبح من الذوق السقيم في بريطانيا أن تقوم بأي شيءٍ مفيد هذه الأيام؟!

ربما ينبغي عليَّ توضيح فكرتي أكثر، فأقول إنَّ جامعة إمپريال (وآندي يعرف هذا جيداً) تتمتَّع بأرقىٰ بيئةٍ علميةٍ في العالم، وطلابها من ذوي المواهب المتعدّدة، وهم خير مَنْ قابلتُ في حياتي ذكاءً وتفاعلاً. وإذا وُجد في أماكن أخرىٰ محدودةٍ جداً من الطلبة مَنْ يفوقهم قليلاً من الناحية الأكاديمية، فلأن أولئك قد وقفوا حياتَهم كلَّها للعلم لا يشغلهم عنه شاغل.

كذلك تضمّ الإمپريال ثلَّةً مصطفاةً من الباحثين (المؤقَّتين والدائمين)، وهي تبرز بنوعٍ خاص باعتبارها بوتقةً فريدةً للبحث العلمي الذي يقوم علىٰ معايير انتقائيةٍ عليا، وباستعدادها للمزج بين الاختصاصات التي قد تبدو أحياناً غير متوافِقَة (كنظرية الأوتار والثقالة الكمومية، أو التوسُّع الانفجاري والأوتار الكونية).

إذا كان الأمر كذلك، فماذا عسىٰ آندي أن يطلب أكثر من ذلك؟ حسناً، إنه يطلب الكثير: فالإمپريال تُعاني من قيادةٍ فاشلة، إذ يبدو القائمون علىٰ إدارتها آخرَ مَنْ يعلم بأنَّ ثمة باحثاً مجتهداً؛ وحتىٰ عندما يُكافأ المحسن علىٰ إنجازه فإنه يشعر علىٰ الفور أنهم يمنّون عليه إنعامهم عليه، ممزوجاً ذلك بإحساسٍ بالمهانة والإذلال. فلا عجب أن تمتلئ نفوسُ الباحثين في الإمپريال بالسُّخط وعدم الرضا، فينشدون العمل في أماكن أخرىٰ كالولايات المتحدة، ويحصلون علىٰ عروض، ثم يدركون فجأةً عجزَهم عن مجاراة تلك العروض، فيبدؤون بالتذمُّر والشكوى من النزعات الأمريكية الاستعمارية. هذا في حين أن الجامعة لو هيَّأت للباحثين أسبابَ الرضا في المقام الأول لما فكَّروا أصلاً في تركها إلىٰ غيرها. ويمكنني القول إنَّ القائمين علىٰ الإمپريال يفتقرون إلىٰ التفكير السليم أكثر من حاجتهم إلىٰ الموارد المالية.

وإمعاناً في الوحشية، يتوهَّم هؤلاء المسؤولون في الجامعة أنهم «سماسرة

فاحشةٍ علميّون»، في مشهدٍ يُجبَر فيه العلماءُ على أداء دور البغايا. هكذا وصَفَ الوضعَ واحدٌ ممَّن تركوا، ملخِّصاً حالَ كلِّ مَنْ خسرتهم الجامعةُ بهذه الطريقة: فقبل ذلك ببضع سنوات خسرت الإمپريال نيل تورُك، كما خسرت آندي هذا الصيف. وفيما أنا أكتب ارتكَبَت الجامعةُ الخطأ نفسَه مع عالِم آخر جليلٍ يعمل في نظريات الأوتار. وفي رأيي أنَّ أولئك الذين يُريدون أن يَغُلّوا كلَّ المنفعة لأنفسهم من مؤسسةٍ من الطراز الأول هم من الطراز الأول سوءاً(*).

لا أُريد أن أقسوَ عليهم كثيراً. إنَّ ساسَة العِلم أولئك يترسَّمون المثالَ الأخلاقيَّ الذي ينهجه غيرهم من الإداريِّين والسّاسة في هذه المملكة الفائقة الصيت، التي يستعيضون فيها عن مكافأة العاملين الحقيقيِّين بهدر الوقت في ابتداع إحصائياتٍ ما أنزل اللّه بها من سلطان، وتنفيذ تدريباتٍ إداريةٍ واسعة تهدف كما يقولون إلىٰ رفع «روح الإحساس بالمسؤولية»، علىٰ حين أنها تدخُّلٌ في شؤون الناس ولا سيّما في القضايا التي ليسوا فيها كفؤاً لإسداء النُّصح.

فعلىٰ سبيل المثال، فُرِضَ علينا إلىٰ عهدٍ قريب أن نقدِّم تقريراً مفصَّلاً بما قمنا به علىٰ مدىٰ أُسبوعٍ كاملٍ لحظةً بلحظة. إنَّ هذا العمل بحدِّ ذاته مخِلٌّ وفاسد؛ وفضلاً علىٰ ذلك، مَنْ ذا الذي يهتمُّ بالمعلومات الإحصائية الناشئة عن هذا النمط من التدريبات الباهظة الكلفة والمبدِّدة للوقت؟(**).

ولأضرب مثالاً آخر حبيباً إلىٰ قلبي، وهو يتعلَّق بما يسمىٰ تقويم جودة التعليم Teaching Quality Assessment (أو TQA اختصاراً). من المفترض أن يُعزِّز هذا التقويمُ روحَ الإحساس بالمسؤولية لدىٰ من يؤدّون العمليةَ التعليميةَ في الجامعات البريطانية، وأن يفضي ذلك إلىٰ إعطاء الحكومةِ الانطباعَ بأنهم

(*) للأمانة، لا بُدَّ (ساعة تحرير هذه الكتابة) من أن أُنصف الباحثَ النشيطَ الوحيدَ الذي وُفِّقَت الجامعةُ في استبقائه؛ لا ريب في أنهم أغفلوني!

(**) ضمَّنتُ تقريري وصفاً مفصَّلاً لكل زياراتي إلىٰ الخلاء. ولما لم ألقَ اعتراضاً جزمتُ أنَّ أحداً لا يطَّلع علىٰ هذه «التدريبات».

يفعلون شيئاً لمصلحة العملية التربوية التعليمية. إلا أنّا نجد أنفسنا هنا في مشكلة: إذ ما هو معيار التعليم الناجح؟ بل كيف يقوَّم التعليمُ الناجحُ بطريقةٍ يستطيع الموظفون في الدولة استيعابها؟

وباعتبار الطبيعة الذاتية للقضية، وقع المسؤولون المعنيّون علىٰ فكرةٍ بارعة. لماذا لا نكتفي بتقويم جودة عملك الورقي (المكتوب على الورق)؟ ففي ذلك حلٌّ موضوعي. فأنت تنال درجاتٍ إذا أبرزتَ وثائق تُشير إلىٰ أهدافك، ودرجاتٍ إذا أبرزتَ وثائق تُثْبِت أنك حقَّقتَ تلك الأهداف، ثم لا يهمّ أن يكون النظامُ معتمداً نهجَ مؤسساتٍ ليست ذات أهدافٍ عليا. وبقدر ما تكون تطلُّعاتك متواضعة يكون تحقيقها يسيراً.

يولِّد تقويم جودة التعليم أطناناً من الوثائق الورقية الزائفة في معظمها. ومن المفارقات أنَّ إبرازها يتطلَّب زمناً يُستقطَع من الوقت المخصَّص لإعداد المحاضرات، فهي إذن حجر عثرةٍ في سبيل أي عمليةٍ تعليميةٍ ناجحة. ثم إنَّ عملية التقويم يُعهَد بها إلىٰ حفنةٍ من البيروقراطيين وأساتذة جامعاتٍ من الدرجة الثالثة أثقلت الضغينةُ قلوبَهم علىٰ كلِّ تعليم عالٍ موفَّق. ومع انتهاء العملية تكون قد أُنفِقت أموالٌ طائلةٌ لاستبقاء عشراتٍ قليلةٍ من أمثال آندي في بريطانيا، يُضاف إلىٰ ذلك انخفاضٌ كبير في مستوى التعلٰيم. لكنَّ الحكومة سعيدة، فالجامعاتُ الآن تحسُّ بكامل مسؤولياتها. أما موظفو الدوائر الحكومية، الذين ينهضون بكل هذا العبء، فليسوا جديرين بحمل المسؤولية![*].

وحبذا لو كانت المشكلة مقصورةً علىٰ التعليم العالي إذن لهان الأمر، لكنها في الواقع ليست كذلك؛ إذ يترتَّب علىٰ المعلِّمين في المدارس التدليل

(*) علمتُ أنَّ عملية تقويم جودة التعليم جزءٌ من معاناةٍ كبيرةٍ في الصفوف الدراسية الإنگليزية، تستعصي علىٰ فهم الأجانب. وبقدر ما أنَّ هذا الأمر مستهجَن لي شخصياً، فإنه أيضاً جزءٌ من استراتيجيةٍ تتَّبعها الحكومةُ بهدف إعطاء أفراد الطبقة العاملة شعوراً نفسياً بأنهم من الطبقة الوسطىٰ، وإعطاء معاهد الپوليتكنيك السابقة الشعورَ بأنها جامعاتٌ حقيقية. هذا ما أخبرني به زملائي البريطانيون، مع أنهم بالطبع يحجمون عن الإقرار بذلك علىٰ الملأ.

علىٰ حيازاتهم لـ «القيمة المضافة» علىٰ تلامذتهم. ولإثبات ذلك يضطرّون إلىٰ الانقطاع عن تحضير الدروس، بل إنفاق ساعاتٍ طويلةٍ منغمسين في برمجياتٍ إحصائية باهظة الثمن تُصْدِرها الحكومة، لاستنباط أرقامٍ لا معنىٰ لها لمصلحة المسؤولين الحكوميين الذين لم تطأ أقدامهم في يومٍ صفّاً دراسياً، والذين يتقاضون أُجوراً أين منها أُجور أعلىٰ المعلّمين مرتبةً. لقد غدا مستحيلاً اليوم أن تجد أحداً في لندن يسعىٰ إلىٰ الانخراط في سلك التعليم أو التمريض أو أي عملٍ ذي فائدةٍ فعلية. ولأَن تكون كَلاً طفيليّاً أيسر لك وأدعىٰ إلىٰ ربحٍ أوفر تجنيه في أيامنا هذه.

وهكذا، ومع أني كنتُ في سَوْرةٍ من الغضب عندما غادر آندي، وحدَّثتني نفسي جدّياً بالانتقام من «رأس السماسرة» بالعنف الجسدي أُنزِلُه فيه، لا بُدَّ مع كل هذا، وباستشراف الأمر من هذا المنظور الواسع، من الإقرار بأنَّ مغادرة آندي ــ وما استتبع ذلك من ضياعٍ لعلم الكون البريطاني ــ هي أقلُّ مشكلاتنا شأناً.

بحلول شتاء سنة 1998، أي بعد نحو أربع سنواتٍ من ذلك اليوم الكئيب في كامبردج عندما كنتُ أتلمَّس الملامح الأولىٰ لهذه النظرية الجديدة، بدأتْ السرعة المتغيِّرة للضوء تكتسب شيئاً من الاحترام العلمي، ولاسيما بعد قبول مقالةٍ ذات عددٍ وافرٍ من الأوراق للنشر بعد لأي.

أصبحت مقالتي الأصلية مع آندي، التي ما برح حجمها يتعاظم، قابَ قوسين من النشر، إلا أنها لم تكن قد قُبلت بعدُ رسمياً؛ علىٰ حين أنَّ مقالتي الأولىٰ مع جون بارو، التي كُتبت بعد ذلك بسنةٍ تقريباً، قد جرىٰ قبولها بعد أسابيع قليلة من تقديمها، مع تقريرٍ إيجابيٍّ جدّاً. كذلك كانت نتائج تجارب جون وِبْ تخضع للتحكيم، واسم جون بارو مدرَج في قائمة المؤلِّفين. ولا شك أنَّ كلَّ هذا كان ذا أثرٍ في إحداث موجةٍ من القبول شملت أخيراً كلَّ ما

قُدِّم في المنطقة، ومنه مجموعة آلبرخت ـ ماگيويجو. وهكذا ربحنا معركة النشر.

وبوصول مقالتنا إلىٰ دار الطباعة، قرَّرنا أخيراً أن نجعل أعمالنا ورؤانا مُعْلَنَةً كلَّها، فكان أول ما فعلناه وضع مقالاتنا علىٰ موقع في شبكة الوِبْ يقرؤه الفيزيائيون بانتظام. ثم نَشَرَتْ مجلة PRD نفسُها مذكِّرةً توطِّئةً للنشر فعلياً.

لم أكن مستعداً لما حدث بعد ذلك، وكنتُ طوال تلك السنوات أُوطِّن نفسي علىٰ احتمال ألا تلقىٰ بضاعتي من السرعة المتغيِّرة للضوء واندفاعي فيها رواجاً وانتشاراً في سائر الوسط العلمي محلّيّاً، بله عالميّاً. ولشدَّ ما كانت دهشتي كبيرةً عندما وجدتُ أنَّ فكرتي صادفت قبولاً في الصحافة الشعبيّة التي تهتمّ بنشر المؤلَّفات ذات الطبيعة العلمية. فكانت البدايةُ مقالاتٍ صحفيةً قصيرة، تبعها مزيدٌ من المقالات الموسَّعة للصُّحف والمجلاّت. ثم بدأتُ أتلقّىٰ دعواتٍ لإجراء أحاديث ومقابلاتٍ في الإذاعة المسموعة، إلىٰ أن دُعيتُ إلىٰ إعداد فيلم وثائقيٍّ يتناول موضوع نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء علىٰ قناة التلفزة رقم 4 (وهي قناة بثٍّ بريطانيةٌ راقيةٌ إلىٰ حدٍّ ما)، فلم يقتصر اهتمامُ الناس علىٰ الفكرة نفسها فحسب، بل بأُصولها ومنشئها كذلك، أي كيف بدأت فكرةُ السرعة المتغيِّرة للضوء تراودني كبديل لنظرية التوسُّع الانفجاري.

وما إن رحتُ أنعم بمجد القبول والزهوّ به حتى ثارَ لغطٌ كبير. ولك أن تتصوَّر شدَّةَ صدمتي عندما اكتشفتُ أنَّ فيزيائياً آخر قد سبقَنا إلىٰ المقصد.

واأسفاه! عندما حطَّت بنا المركبة كان العَلَم قد ارتفع فوق أديم القمر.

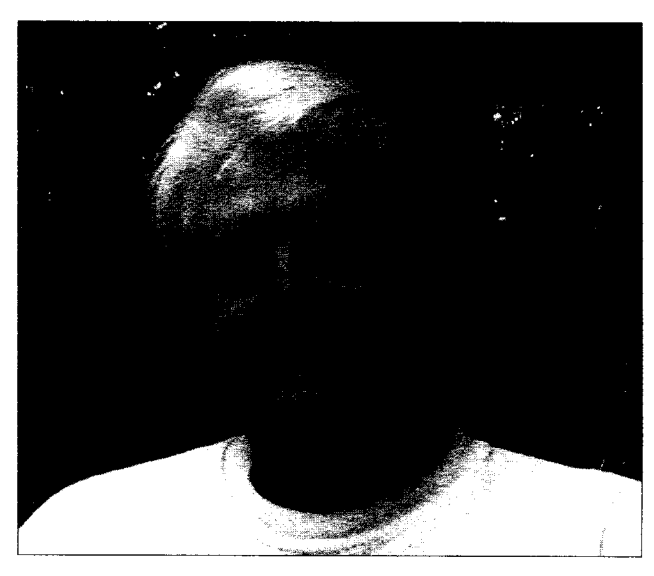


11 في الصباح التالي

في سنة 1992 اكتشفَ جون موفات John Moffat، وهو عالمٌ في الفيزياء النظرية من جامعة تورنتو، نظريةَ السرعة المتغيِّرة للضوء VSL بديلاً لنظرية التوسُّع الانفجاري. ومع أنَّ نظريتَه مختلفةٌ تماماً في شكلها عن نظريتنا، إلا أنها مشابهةٌ لها كثيراً في جوهرها. لم يُفاجئني وجودُ نظرياتٍ أخرىٰ تتناول فكرةَ السرعة المتغيِّرة للضوء فقد كنتُ أُدرك منذ البداية أنَّ هذه النظرية، شأنَ نظرية التوسُّع الانفجاري، يمكن أن تتمثَّل بأشكالٍ كثيرةٍ مختلفة، وأنَّ ما اخترناه منها هو بمنزلة الخطوة الأولىٰ فقط. لكنَّ ما صدَمَني حقّاً أنَّ أحداً قد سبقَنا إلىٰ التفكير في مفهوم السرعةِ المتغيِّرة للضوء دون أن تتنبَّه الأوساطُ العلميةُ إلىٰ ذلك علىٰ نطاقٍ واسع.

كان موفات قد كتبَ مقالةً يعرض فيها نتائجَ تجاربه، وتقدَّم بها إلىٰ مجلَّة PRD فوجد صدوفاً شبيهاً بما لقيناه بعد ذلك ببضع سنوات. غير أنَّ النتيجةَ النهائية في حالته كانت مختلفةً تماماً؛ فبعد سنةٍ كاملةٍ من الأخذ والردّ مع محرِّر المجلة والمحكَّمين أقرَّ موفات بالهزيمة! وفي آخر الأمر وجدَتْ مقالتُه طريقاً لها إلىٰ مجلَّةٍ دوريَّةٍ مغمورةٍ لم أسمع بها، وذلك هو السبب في أنّا ـ آندي وجون وأنا ـ لم نكن علىٰ عِلمٍ بعمل موفات أصلاً(*).

(*) وَضَعَ موفات مقالتَه علىٰ موقع في شبكة الوِبْ الذي ذكرتُه آنفاً، لكنه ربما فعل ذلك في وقتٍ لم يكن أحدٌ منّا يزور تلك المواقع بانتظام.



جون موفات John Moffat.

لاحظَ موفات الآن، والغصَّة في نفسه، كيف أنَّ مقالاتنا، التي تحمل الفكرةَ الأساسيةَ نفسَها، قد قُبِلت للنشر في المجلة ذاتها التي ردَّت عليه عمله. وَبنبرةٍ جريحة وجَّه إلينا رسالةً إلكترونية يُنبِّهنا إلىٰ مقالته ويطلب تنويهاً بها. ثم إنه اتَّصل بمجلة PRD وطلب إليهم عدم نشر عملنا، بل إنه لمَّح إلىٰ اللجوء إلىٰ القانون في مسائل حقوق التأليف والنشر. فكان بلا شك في حالة غضبٍ شديد. وقد أرسل إليَّ أحدُ طلابه السابقين نيل كورنِش Neil Cornish، الذي تربطني به علاقةٌ وثيقة، رسالةً بالبريد الإلكتروني يبسط فيها الأمر كاملاً:

> عندما كتبَ مقالتَه واجهَ صمتاً مُطْبَقاً. . . وقفتُ وجانا [لِڤين] موقف المشجعين، في حين لم يُبْدِ ديك بوند(*) أيَّ اهتمام. إنَّ [موفات] يلتقي ألبرخت وبارو باعتبارهم جميعاً أعضاء في المؤسسة مع بوند. لذلك لا بدَّ من أن يكون تفكيره هكذا:

(*) مدير المعهد الكندي للفيزياء الفلكية النظرية، وأحد المدافعين المخلصين عن نظرية التوسُّع الانفجاري.

«المؤسسة لا تقيم لي وزناً، وهاهم سيأخذون مني عملي.» لا أزعم أنَّ ذلك قد حصل فعلاً، لكن موفات حريٌّ بأن ينظر إلىٰ الأمر بهذه الطريقة. سأتصل به وأُحاول أن أُهدِّئ من سَوْرَة غضبه. ماذا تنويان أن تفعلا أنت وآندي؟

إني أعرف تماماً ما سأفعل: سأعتذر إلىٰ موفات وأُعانقه كصديق. إني أُوافقه في أنَّ له كلَّ الحقِّ في الشعور بالضجر من المجلات العلمية. ولو كانت سنّي أكبر بثلاثين سنة وفقدتُ معركتي في نشر ما أكتب لشعرتُ بالتأكيد مثلما يشعر. ولمّا كانت مقالتنا لاتزال في مرحلة التجارب الطباعية فإنَّ بإمكاننا أن نضيف إليها ملاحظةً نُبيِّن فيها الوضعَ ونُزيل اللَّبس.

وبالطبع كان مَدُّ يد المهادنة أيسرَ عليَّ أنا من جون وآندي، لأنَّ افتراءات موفات المعادية للمؤسسة كانت إلىٰ حدٍّ ما موجَّهةً إليهما، يُضاف إلىٰ ذلك أنَّ آندي كان قد اكتوىٰ قبلُ بنار مسائل تتعلَّق بالأسبقية، فكانت نبرتُه تجاه موفات مُغايرةً لنبرتي:

نشكركم إذ نبَّهتمونا لمقالاتكم السابقة في موضوع السرعة المتغيِّرة للضوء وكما أعلمكم جواو الأسبوعَ الماضي، يسرُّنا أن نُدخِل تعليقاً وتنويهاً بعملكم الذي أعتذر إليكم عمّا فاتنا من فرصة الاطّلاع عليه منذ البداية. ويؤسفني أن أسمع أنكم اتَّصلتم بمجلة PRD لإثارة مسائل تتَّصل بحقوق التأليف والنشر حتى دون الردّ على رسالة جواو الإلكترونية. إنَّ كلَّ مَنْ يطَّلع علىٰ مقالاتكم يُدرك أنها مختلفةٌ تماماً. وأقترح أن نتجاوب مع هذه المشكلة بطريقةٍ ناضجة ففي ذلك خير. وإذا رأيتم خلاف ذلك فينبغي أن تكون أولىٰ خطواتكم الاستجابة لدعوة جواو لمناقشة الأمر معنا.

أطيب تمنياتنا، آندرياس آلبرخت

ملاحظة: لا أرىٰ سبباً يدعوكم إلىٰ النظر إلىٰ نشر عملنا في مجلة PRD بشعورٍ من المرارة؛ ونعلمكم أنَّ المحكَّمين لم يكونوا

راضين بادئ الأمر عن مقالتنا؛ وقد جَهِدنا كثيراً وطويلاً لإعدادها للنشر بالصورة الملائمة.

لكنَّ الأمور استقامت في خاتمة المطاف بيني وبين جون [موفات]، فنشأت صداقةٌ بيننا عندما زرتُ تورنتو Toronto بعد ذلك ببضعة أسابيع. ومع أنّا لم نتعامل معاً بصورةٍ مباشرة، إلا أنَّ تأثيره فيَّ كان كبيراً. ومن المفارقات أنه علَّمني كيف أكون محافظاً. نعم، المتطرِّف يعلمني كيف أكون أقلَّ تطرُّفاً! لقد تمكَّن من إقناعي بأهمية الحرص علىٰ عدم الإساءة إلىٰ أينشتاين إلا ضمن الحدود الدنيا قدر المستطاع، وأعجبتني هذه الفكرة، وظَهرَ لي بالفعل أنَّ نظريات السرعة المتغيِّرة للضوء التي حافظت علىٰ «المستوىٰ من الإساءة» كانت أكثر طواعيةً للتطبيق خارج نطاق علم الكون، وأردتُ أن أستقصي بنفسي الآثار العامة لسرعة الضوء المتغيِّرة. بدأتُ أشعر أنَّ علم الكون قد وفَّر البيئةَ لنشأة هذه الفكرة الجديدة، وأنَّ الوقتَ قد حان لتوسيع حدودها أكثر فأكثر.

ها هي آراء جون موفات تكشف لي معالمَ الطريق.

وُلِدَ جون موفات لأمٍّ دنمركيةٍ وأبٍ اسكتلندي، ونشأ في الدنمرك. أما قصة اشتغاله في الفيزياء فهي قصةٌ غريبة جداً؛ إذ لم يحصل علىٰ درجةٍ جامعيةٍ في الفيزياء، بل قضىٰ سنيَّ شبابه رسّاماً تكشَّف عن موهبةٍ مبكِّرة. عاش في پاريس مدةً من الزمن دارساً علىٰ الرسّام الرُوسي سيرج پولياكوف Serge Polyakoff لصقل مهاراته في الفنون التجريدية. ولعلَّ من سوء طالع الرسّامين أنهم أسوأ حالاً من العلماء؛ فما إن وجَدَ نفسه مُفْلِساً في پاريس حتىٰ تحوَّل إلىٰ ممارسة هوايته الأخرىٰ وهي الفيزياء.

ولدىٰ عودته إلىٰ كوپنهاگن أقبل موفات علىٰ تعلُّم الرياضيات والفيزياء تعلُّماً ذاتياً، ووجدَ في نفسه قدرةً استثنائيةً لتمثُّل مفاهيم جديدةٍ بسرعةٍ كبيرة، وأحرزَ بالفعل تقدُّماً ملحوظاً، حتى إنه بات في سنةٍ واحدةٍ قادراً علىٰ التعامل مع مسائل معقَّدةٍ تتَّصل بالنسبيَّة العامة general relativity ونظرية الحقل الموحَّد

unified field theory. وسرعان ما استأثر عملُه باهتمام أعلامٍ بارزين من أمثال نيلس بور Niels Bohr في الدنمرك وإروين شرودنگر Erwin Schrödinger في دبلن Dublin ودينِس سَياما Dennis Sciama وفْرِدْ هويل Fred Hoyle وعبد السلام Abdus Salam في بريطانيا. ومنذ ذلك الوقت قرّر موفات أن يقف نفسَه متفرّغاً للفيزياء، علىٰ ألا يهجر الرسم هجراً نهائياً.

ثم إنه وجدَ المكانَ الذي يتناسب وخلفيَّته العلمية الشاذّة في نظام التعليم البريطاني ذي الخصوصيَّة الخارجة علىٰ المألوف. مازلتُ أذكر منذ أيامي في كامبردج كيف أنَّ قواعدَ الكلّية وقوانينها تُقَرُّ وتُنَفَّذ دوماً بطريقةٍ تجعل من السهل نقضها: فكلُّ شيءٍ يكون كذا وكذا «تمشّياً مع العُرف والعادة» و«بناءً علىٰ ما يرتئيه الزملاء»، أي إنَّ بالإمكان قلب كلِّ قاعدةٍ أو إسقاطها لو ارتأىٰ زميلٌ من إدارة الجامعة رأياً أفضل مخالفاً يَتَّفِق عليه علىٰ كأسٍ من الخمر مع الزملاء الآخرين. علىٰ هذا المنوال رتَّب سياما الأمورَ لموفات للتسجيل لنيل درجة الدكتوراه دون المرور بالدرجة الجامعية أولاً. ووافق هويل وسلام علىٰ الإشراف علىٰ دراسته. وفي بحر سنةٍ واحدة كان موفات ينشر مقالاتٍ في الهندسة التفاضلية والنسبية. وفي سنة 1958 مُنِحَ درجةَ الدكتوراه ليكون أولَ خرّيجٍ في كلية Trinity College ينال هذه الدرجةَ بنجاح دون الحصول علىٰ الدرجة الجامعية الأولىٰ.

وأصبح موفات أولَ طالب دراساتٍ عليا بعد الدكتوراه يُشرف عليه عبد السلام في جامعة إمپريال (حيث بقي عبد السلام معظمَ حياته)، وهو ذات المكان الذي التأمَتْ فيه فكرةُ السرعة المتغيِّرة للضوء بعد ذلك بنحو أربعين سنة. ثم هاجر موفات إلىٰ كندا حيث عمل منذئذٍ أُستاذاً للفيزياء في جامعة تورنتو. وعندما التقيتُه أولَ مرة في شهر تشرين الثاني/ نوڤمبر 1998 كان يتباهىٰ بلهجة منطقة وسط الأطلسي الواضحة، وبدا متكيِّفاً مع الحياة في كندا إلىٰ أبعد الحدود؛ فقد امتلك جزيرةً نائيةً في منطقة لَفْسِيْك ليكْ Lovesick Lake كان

يعيش فيها مع زوجته في عزلةٍ تامة معظم شهور السنة. علىٰ أنَّ أُصوله الاسكتلندية كانت لاتزال واضحةً، ولاسيما في تعابير وجهه المميِّزة له، كشهلة عينيه وانخفاض صوته المشوب بنبراتٍ تفصح عن اصطبارٍ وطول أناة.

وخلافاً لصفة الشعبيَّة التي اكتسبها، فقد فوجئتُ بأنَّ جون فيزيائيٌّ محافظٌ جداً. صحيحٌ أنه وقفَ جلَّ حياته علىٰ النظريات «البديلة»، إلا أنَّ إسهامه الأساسيَّ في الفيزياء نظريةٌ في الثقالة، ليست في الواقع إلا نموذجاً مطوَّراً لآخر محاولات أينشتاين لتوحيد قوىٰ الطبيعة كلِّها. فقد تابعَ موفات من حيث انتهىٰ أينشتاين، إذ يُنظر إلىٰ أُسلوب أينشتاين في تناوُل المسألة أُسلوباً غير مألوفٍ اليوم. وعندما تحدَّثتُ إلىٰ جون في تشرين الثاني/ نوڤمبر أولَ مرة، فاجأني أنه يَعدُّ نفسَه «الإنسان الوحيد الذي يشعر فعلاً أنَّ أينشتاين مصيبٌ فيما ذهب إليه.» وهذا الاعتقاد بالضبط هو ما أكسَبَه شهرتَه العريضة.

بعد بضع سنوات أخبرني موفات أنَّ أينشتاين نفسَه هو أول من اكتشف مواهبَه أيام كان [جون] مُنصرفاً إلىٰ التعلُّم الذاتي في كوپنهاگن؛ فبعد أن قطع شوطاً لا يُستهان به واستنبطَ رؤاه في النظرية الموحَّدة، تواصَلَ مع أينشتاين الذي أُعجب بإنجازات الفيزيائي الشاب وجهوده في متابعة ما بدأه هو. وقد وقع في نفسي أن يكون وَلَعُ موفات بالفيزياء نابعاً من تلك القصة الشخصية المؤثِّرة.

ذهبنا معاً لتناول شيءٍ من الجعة، وتناقشنا مطوَّلاً في مسائل فيزيائيةٍ كثيرةٍ في مكتبه الذي يقع في الطبقة الحادية عشرة من برج الفيزياء بتورنتو. وعلىٰ جدران المكتب رأيتُ صُوَراً لنيوتن وأينشتاين، وإلىٰ جانبها صورة لموفات نفسه كجزءٍ من مقالةٍ صحفيةٍ بعنوان: «تحدِّياً لأينشتاين»، ومقالة أخرىٰ شبيهة بعنوان: «علىٰ هدي أينشتاين.»

وتماشياً مع هذه الفلسفة، كانت نظريةُ السرعة المتغيِّرة للضوء بالنسبة إلىٰ جون موفات تدريباً علىٰ أعلىٰ مستوىً من الرصانة والاتّزان؛ فقد بذل جهدَ

طاقته لتجنُّب التضارُب مع نظرية النسبية ومفهومها الرئيسي المتمثِّل في لاتغيُّر لورنتس. وكان تناولُه للموضوع سنة 1922 بارعاً حقاً، ولا مكان للخوض في تفاصيله في هذا الكتاب. وعندما التقينا سنة 1998 كان جون قد عاوَدَ نشاطَه من جديد في هذا الميدان، ويوشك أن يُصْدِر نسخةً مبسَّطةً لنموذجه من نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء، مسترشداً بمبدأ المحافظة علىٰ ركنَيْ نظرية أينشتاين في النسبية وهما: مسلَّمة الطبيعة النسبية للحركة، وثبات سرعة الضوء. ولكن كيف يمكن التوفيق بين سرعةٍ متغيِّرةٍ للضوء ومبدأ ثبات سرعة الضوء؟ إنه فيما يبدو تعارضٌ مَيْئُوسٌ منه.

توجَّه منهجُ جون البارع مباشرةً إلىٰ صميم المشكلة ليتساءل عن معنىٰ ثبات سرعة الضوء. وقد ذكرتُ سابقاً أنه يعني أنَّ سرعة الضوء لا تتغيَّر، بقطع النظر عن لونه وسرعة منبعه أو راصده، وزمان ومكان انبعاثه أو رصده. لكن ماذا يعني «الضوء» في هذه الحالة؟ إنه لا يعني ـ وفقاً لصيغة أينشتاين الأوّلية ـ أكثر من الظاهرة التي نسمّيها «الضوء»؛ ليس الضوء المرئي فقط، بل أيّ شكلٍ آخر من الإشعاع الكهرطيسي من مثل الأمواج الراديوية أو الأمواج الصغريّة (الميكروية) أو الإشعاع تحت الأحمر. وهذه كلُّها لا تختلف عن الضوء المرئي، سوىٰ أنها ذات تردُّدٍ أو لونٍ يتجاوز المجالَ الذي نسمّيه «مرئيّاً»، لأنَّ أعيننا حسّاسة لهذا النطاق الضيِّق حصراً.

يتألَّف الضوءُ من جُسَيْماتٍ تسمّىٰ الفوتونات photons، تنتقل بسرعة الضوء. وهذه السرعة، وفقاً للمسلَّمة الثانية للنسبيَّة، واحدةٌ للراصدين كافة؛ فالأبقارُ المجنونةُ المندفعةُ خلف فوتون، تراه ينتقل بسرعة الضوء. وبالمثل، لا سبيل إلىٰ تخفيض سرعة الفوتون إلا إذا أصبح في حالة سكون، وهذا متعذِّر لأنَّ معنىٰ وجود الفوتونات إنّما يكمن في حركتها الدائبة. ومن العبث إذن الحديث عن صندوقٍ يعجّ بالفوتونات، فهي بحدِّ ذاتها حركةٌ محضةٌ لا يمكن أن تكون في حالة سكونٍ أبداً. من هنا نقول إنَّ للفوتونات طاقةَ سكونٍ أو كتلةَ سكونٍ معدومة: فالفوتونات معدومة الكتلة massless.

لكنَّ النكتة تكمن هاهنا؛ فعندما نتحدَّث في سياق النسبيّة عن سرعة الضوء، فإنّا نتحدث حُكماً عن سرعة أيِّ جُسَيْم لا كتلة له، لا عن الفوتون فقط. وعندما طرح أينشتاين نظريَّتَه النسبيَّةَ الخاصة أوَّلَ مرة، لم يكن معروفاً آنئذٍ من الجسيمات المعدومة الكتلة سوىٰ الفوتونات، ثم اكتُشِفت أنواعٌ أخرىٰ من الجسيمات بعد ذلك من قبيل النيوترينوات neutrinos(*)، بل لقد اكتشفَ أينشتاين بعد بضع سنوات أنَّ الثقالةَ نفسَها مثالٌ آخر، وسمِّيت الجسيماتُ المسؤولة عن الثقالة الگرافيتونات gravitons. وتقضي نظريةُ النسبية العامة بأنَّ من الممكن توليد «ضوء تثاقلي gravitational light» ذي ألوانٍ مختلفة، مقابل الگرافيتونات المتباينة الترددات أو الطاقات. والگرافيتون جُسَيمُ ثقالةٍ كما أنَّ الفوتون جُسَيمُ ضوء. وتدل المسلَّمةُ الثانيةُ للنسبية الخاصَّة علىٰ أنَّ الگرافيتون والفوتون ينتقلان بسرعةٍ واحدةٍ (ثابتة): c.

وقد أدرك موفات أنَّ الفكرة الأخيرة أقوىٰ ممّا يجب، وأنَّ من غير الضروري أساساً التقيُّد بمبادئ النسبية الخاصَّة مباشرة، بل يمكن في الواقع مراعاة مبادئ لاتغيُّر لورنتس، وبذلك تتحقَّق مراعاة النسبية الخاصَّة بهذه الطريقة حتىٰ إن تباينت سرعاتُ مختلف الجُسيمات المعدومة الكتلة، ويتكيَّف كلُّ نوعٍ من هذه الجُسَيْمات وفقاً للنسبية الخاصَّة ولكن باختلاف «سرعات الضوء» لكل قسم. والتزاماً بمبدأ التخفيض الأدنىٰ (والمبدأ «المحافِظ») صنَّفَ موفات الجُسَيْماتِ المعدومةَ الكتلة في مجموعتين هما: المادَّة والثقالة. ويبرز الفارق بينهما من نظرية النسبية العامة نفسها، التي تُصنِّف الثقالةَ هندسة، وبناءً علىٰ ذلك فإنَّ الگرافيتون هو جُسَيْم انحناء يؤثِّر في بنية الزمكان، ومن المنطقي فصلُهُ عن سائر الجُسَيْمات المعدومة الكتلة لهذا السبب.

ثم رأىٰ موفات أنَّ ثمَّة اختلافاً بين سرعة الگرافيتون وسرعة الضوء

(*) يثور جدلٌ الآن علىٰ هذه المسألة، إذ يدّعي بعضهم أنَّ لديه الدليل علىٰ أنَّ كتلةَ السكون للنيوترينو أكبرُ من الصفر.

(وجُسَيْمات أيّ مادةٍ أخرىٰ لا كتلة لها)، وأنَّ النسبة بينهما محكومة بحقلٍ ذي ديناميكيَّةٍ خاصَّةٍ به، ويتطوَّر مع توسُّع الكون. ونحصل علىٰ سرعة ضوء تتغيَّر مع الزمن علىٰ مدىٰ أحقابٍ كونيّة قياساً علىٰ سرعة الگرافيتون. واستطاع موفات بهذه الطريقة البديعة أن يتحقَّق من نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء دون الإساءة إلىٰ أينشتاين(*).

كانت تلك لفتةً بارعةً من جون موفات وكشفاً لخفايا شخصيته. لقد أُعجبتُ بأُسلوب تناوله للمسألة أيّما إعجاب، وما هي إلا بضعة أشهر وأكون قد أتممتُ نموذجي الخاص لنظرية السرعة المتغيِّرة للضوء المعتمدة علىٰ لاتغيُّر لورنتس.

علىٰ كلِّ حال فهمتُ من جون، منذ لقاءاتي الأولىٰ معه، أنَّ عمله في نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء ليست إلا التفافاً علىٰ ميدان اهتمامه الأساسي، وهو نموذجه الخاص من النظرية الموحَّدة الكبرىٰ grand unified theory لأينشتاين. وكان يشعر بأنَّ نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء لا يمكن بحالٍ أن تكون هي «الشيء الحقيقي الصحيح»، وأنها ـ وإن كانت أفضل من نظرية التوسُّع الانفجاري ـ ليست أكثر من طريقةٍ لتجميع أجزاء ضمن إطار علم الكون القائل بنظرية الانفجار العظيم. وإذا كان لا يؤمن بنظرية التوسُّع، فهو في الوقت نفسه يشعر بأنَّ نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء ليست علىٰ جانبٍ كبير من الأهمية هي الأخرىٰ. وأذكر أنه نَعَتَ السرعة المتغيِّرة للضوء مرةً بأنها حلٌّ زائفٌ ومحض هراء، إلا أنه غيَّر آراءه فيما بعد، ومع ذلك أتاحت لي آراؤه الأولىٰ أن أنظر في السبب الذي دعاه إلىٰ الانسحاب من معركة النشر، في حين تابعنا ـ آندي وأنا ـ حتىٰ النهاية. قد تكون النظرة جائرةً إلىٰ حدٍّ ما؛ فقد كنّا ـ آندي وأنا ـ متعاونَيْن يأخذ أحدُنا بيد الآخر، علىٰ حين كان موفات وحيداً. ولا أشكُّ في أنَّ هذا كان عاملاً ذا أثرٍ كبير.

(*) في الواقع استنبط موفات هذه الفكرة بالتعاون مع مايكل كليتون Michael Clayton؛ لكن ثمَّة نظريةً مشابهةً اقترحها بصورةٍ مستقلة إيان دراموند Ian Drummond من جامعة كامبردج.

وهناك عاملٌ آخر ربَّما يكمن في توتُّر علاقات جون مع مجلاتٍ علميةٍ معيَّنة(*). وأُحبُّ هنا أن أقتبس من رسالةٍ إلكترونيةٍ تلقَّيتُها من جون بارو في مطلع شهر تشرين الثاني/ نوفمبر 1998 يقول فيها: «سألتُ جانا لِڤين Janna Levin عن موفات إذ تذكَّرتُ أنها أقامت زمناً في تورنتو... فقالت لي إنه شخصيةٌ لطيفة، غير أنه فيما يبدو كثيرَ الدخول في نزاعاتٍ مع المجلاّت ومحرِّريها. وهي تعتقد أنَّ بعض المجلاّت الدوريَّة قد حظرت عليه نشرَ مقالاته فيها.»

ولا بُدَّ من القول إنَّ جون موفات لم يكن وحيداً في سخطه علىٰ المجلاّت العلمية وخصوصيّاتها؛ فكثيرٌ من العلماء المشهورين كانوا علىٰ خلافٍ مع مجلةٍ أو أخرىٰ في ناحيةٍ ما. ولعلَّ أينشتاين مثالٌ غير متوقَّع؛ إليك الحادثة التالية: في أواخر الثلاثينيات من القرن الماضي كتبَ أينشتاين وروزن Rosen مقالاً رائداً في الأمواج التثاقلية gravitational waves وقدَّماه إلىٰ مجلة Physical Review بقصد النشر، فجاء الردُّ بتقريرٍ من أربع صفحات يرفض المقال. يقول روزن إنَّ أينشتاين غضِبَ وكاد يتميَّز من الغيظ، حتى إنه مزَّقَ التقريرَ نُتَفاً ألقاها في سلَّة المهملات، ثم قَذَفَ السلَّةَ بقدمه رافعاً صوته بالشتيمة لنحو نصف ساعة، ثم أقسَمَ ألاّ يتقدَّم مرةً أخرىٰ بأيِّ مقالٍ إلىٰ هذه المجلة، ويبدو أنه التزمَ بالعهد الذي قطعه علىٰ نفسه(**).

وبتعدُّد لقاءاتي مع جون موفات بثَّ أُشاطره آراءه في المجلات العلمية. وقد كتبتُ بالفعل مقالاً نقدياً مفنِّداً بعد بضع سنوات بعنوان: «نهاية المجلاّت العلمية»، من المفارقات أني قدَّمتُه إسهاماً منّي في مؤتمرٍ لكبريات دور النشر كنتُ قد دُعيتُ إليه. وقد بدأتُ مقالي بوصف ما انتهىٰ إليه النشرُ العلميُّ من

(*) تُستثنىٰ من ذلك «المجلة الدولية للفيزياء الحديثة International Journal of Modern Physics.»

(**) علمتُ بهذه الحادثة من جون موفات، الذي سمعها بدوره من روزن. والغريب في الأمر ــ حسبما يقول روزن ــ أنَّ المُحَكِّم كان علىٰ صواب.

تدليسٍ واحتيال، وكيف أنَّ تقارير المحكَّمين كثيراً ما تكون فارغةَ المحتوىٰ العلمي ولا تمثِّل إلا الموقفَ الاجتماعيَّ للمؤلِّفين أو علاقاتهم الطيِّبة أو السيِّئة مع المحكَّمين، وأنَّ كبار العلماء الذين تزيِّن أسماؤهم ديباجةَ المجلات لا يسهمون فيها بأكثر من أسمائهم اللامعة تظهر عليها، وهي طريقة تسهِّل عمليةَ التحكيم بدرجةٍ كبيرة. وثالثة الأثافي أنَّ محرِّري المجلاّت قد يكونون أمِّيِّين أو أشباه أمّيِّين (اعترافاً بالفضل الذي يستحقُّه محرِّر مجلة PRD لا بُدَّ من أن نقرَّ ـ آندي وأنا ـ بيُمن طالعنا بهذا الصَّدد).

ثم انتقلتُ إلىٰ بيان السبب فيما يبعث الناسَ علىٰ التشبُّث بتقديم مقالاتهم إلىٰ مجلاّتٍ علمية برغم كلِّ هذا الفساد: إنهم باختصار لا يملكون خياراً آخر؛ فالمؤسسة قائمةٌ حيث أنَّ السجلَّ العلميَّ الرسميَّ لا يأخذ بالحسبان سوىٰ المقالات التي تُنشَر في دوريّاتٍ مُحكَّمةٍ فقط، وهو عبءٌ مُصْطَنَع. وكنتيجةٍ لذلك فإني شخصياً أنشر كلَّ مقالاتي في دوريّاتٍ مُحَكَّمة دون أن أكون مؤمناً بجدوىٰ هذه العملية، بل باعتبارها مهمةً رتيبةً لا بُدَّ من أدائها مع أنها مغامرةٌ غير مأمونة العواقب، تحمل في ثناياها بذورَ هوانها. إنَّ أكثر الشبّان الذين أعرفهم مجاهرةً بمعاداة المجلاّت أصبحوا أنفسهم أعلاماً كباراً دون أن يغيِّروا آراءهم في المسألة. ولهذا السبب وحده فإنَّ مستقبل النشر العلمي لا يبشِّر بخير.

لكنَّ ما هو أهمُّ من ذلك أنَّ شبكة الوِبْ قلبت الموازين لأنها أوجدت حالةً يمكن معها تجاوُز الدوريّات المطبوعة بالكلّية. وقد ذكرتُ آنفاً غير مرة كيف بدأ الفيزيائيون وضع ما يكتبون من مقالات علىٰ مواقع من الشبكة، وتقديمها في الوقت نفسه للنشر في المجلات. وقد أدّىٰ ذلك إلىٰ حالةٍ انعدمَ فيها عددُ قرّاء المجلات الدورية بعدما حلَّت الشبكةُ محلّها. ففي سنة 1992 كان من الممكن أن تفوتني مقالة موفات علىٰ الوِب، أما اليوم فإني أطَّلع علىٰ كلِّ جديدٍ في الشبكة قبل أن أبدأ أعمالي كلَّ صباح، فإذا أردتُ مرجعاً استحضرتُ المقالةَ

المناسبة وعرضتُها علىٰ شاشة الكمبيوتر وقرأتُها توَّ اللحظة. والحقيقة أني استغنيتُ منذ زمنٍ طويلٍ عن الاطلاع علىٰ أيِّ مجلَّةٍ مطبوعة، بلْهَ تجشُّم مشقَّة الذهاب إلىٰ مكتبةٍ لهذا الغرض. ولا غرو فقد راحت المجلاتُ تتلاشىٰ شيئاً فشيئاً حتىٰ لكأنها صارت اليومَ من ذكريات الماضي.

ويعتقد بعضُ الناس أنَّ هذا أمرٌ سيِّئ، فيزعمون أنَّ الوِبْ لا تخضع لمراقبة النوعية. هذا صحيح، إلا أني أقول محاجّاً إنَّ عملية التحكيم المرتبطة بالدوريات الحالية لا توفِّر مراقبةً حقيقيةً للنوعية هي الأخرىٰ، بل إنّا لسنا بحاجةٍ إليها علىٰ كلِّ حال؛ إذ بإمكان الدارس أن يُميِّز الصالحَ من الطالح دون الحاجة إلىٰ عملية ضبطٍ قَبْلية. ويعتقد البعضُ الآخر أنَّ الوِب تُفسِد مفهومَنا المألوف لحق النشر والطباعة، وهذا قد يكون صحيحاً أيضاً، ولكن أليس الكاتبُ الأعلىٰ مرتبةً في كلِّ مقالة هو مصدر إساءةٍ لهذا الحق؟ وقد عُثِر علىٰ أنَّ أحدهم سنحت له بعضُ الفرص لانتحال أفكار غيره باستعمال الشبكة، وعندما باءت محاولتُه بالفشل صار أُضحوكةَ الوسط العلمي.

بهذا الأسلوب مضيتُ في مقالتي، فقلتُ إنَّ من المرجَّح أن ينتشر هذا إلىٰ أشكال النشر جميعها؛ وقد يأتي يومٌ تصبح فيه الكتبُ كلُّها قائمةً علىٰ الوِب، وأكثرَ قابليةً للنسخ، وجزءاً أساسياً دائم التطوُّر من بيئةٍ منفتحةٍ يُشارك فيها الجميع. قد يبدو ذلك مثالياً، وهو من بعض جوانبه كذلك فعلاً، لكني لا أعتقد أنَّ الكلمةَ المطبوعة، بالصورة التي نألفها، يمكن أن تطغىٰ علىٰ ثورة الكمپيوتر مهما حدث في المستقبل. وعلينا أن نضع نصب أعيننا أنَّ مَجَرَّة گوتنبرگ سوف تندثر يوماً، وأن نتعامل مع الأمور علىٰ هذا الأساس.

علىٰ مدىٰ السنتين التاليتين واصلتُ العملَ في نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء، إن لم أقل متفرِّغاً فمكرِّساً ثلثَ وقتي علىٰ الأقل، وظهر لي أنَّ من المثير حقاً أن يروم الإنسانُ فِكَراً غير معتدلة، ولا سيما إذا لوَّنَ أبحاثَه ببعض الفِكَر «الاعتيادية». وبقطع النظر عن الموضوع الذي تبحث فيه لا بُدَّ من أن

تجد نفسك أحياناً عاجزاً عن المتابعة، وعندئذٍ يكون الأسلوبُ الأمثل لإذكاء فكرك هو تقمُّص شخصيةٍ مزدوجة؛ فتعتمد فيزياء «فرينج Fringe» تارةً وفيزياء «برودوي Broadway» تارةً أخرىٰ. وهكذا تقمَّصتُ شخصيةَ جيكل وهايد Jekyll-and-Hyde character، حيث كنتُ أظهَر بوجه جيكل فقط عند التعامل العلمي مع طلابي في الدراسات العليا (لإدراكي أنَّ ركوبَ موجة فكرةٍ مجنونة هو مخاطرةٌ شخصية؛ أما تحطيم السيرة المهنية لشخصٍ آخر فهو أمرٌ مختلف، ويجب ألا يختلط الأمران). ولا عجب أن يعود في كثيرٍ من الأحيان وجهُ هايد من شخصيتي إلىٰ الظهور مع طلابي عندما نتناول كأساً من الجعَّة خارج مساق الدراسة الرسمية.

وفي سياق الحديث عن المساقات المهنية تجدر الإشارة إلىٰ أنه في سنة 1999 صار عملُ آندي في جامعة إمپريال إليَّ، فلم يكن من السهل عليَّ التخلّي عن الحريّة التي ارتبطتْ بها عضويتي للجمعية الملكية، لكنني أدرك دوماً أنَّ إشغال عملٍ مدةً محدودةً يمثِّل نقطةَ التحوُّل الحاسمةَ في العلم مادام الهدفُ النهائيُّ مضموناً في خاتمة المطاف. وبالطبع استتبعَ ذلك أن أنهض بمهمة التدريس، لكن هذا بحدّ ذاته كان مقبولاً تماماً(*)؛ بل إنَّ المجموعةَ المنوَّعة التي كانت تؤلِّف طلابَ الفيزياء في الإمپريال جعلت من مهمة التدريس متعةً حقيقية، فلم يسؤني طوال مدة عملي هناك سوىٰ طالبٍ واحد فقط تبيَّن لي فيما بعدُ أنه من منبوذي كامبردج. حبَّذا لو كان المسؤولون في الإمپريال مثل طلابها!

لم يُضعِف عملي في التدريس من زخم أبحاثي؛ فقد زكَتْ نظريةُ السرعة المتغيِّرة للضوء علىٰ مدىٰ السنتين التاليتين نتيجة عملٍ دائبٍ كنتُ أقوم به وحدي حيناً، أو بمشاركة جون بارو أحياناً. أما آندي فقد خرج من اللعبة في

(*) علىٰ الأقل إذا استثنينا المحاضرةَ في قاعةٍ ملأىٰ بما يزيد علىٰ مئة طالب؛ فذلك حريٌّ بأن يذكِّر بمركز تفريخٍ للدجاج.

هذه المرحلة، ليس إلا بسببٍ من رغبته في أداء عملٍ آخر. إلا أنَّ خروجه كان حافزاً علىٰ تعزيز علاقتي بجون. يتَّصف هذا الرجل ـ خلافاً لمعظم صنوانه من العلماء ـ بأنه يُجري حساباته المعقَّدة متعاوناً مع من يعملون معه، طلاباً كانوا أم زملاء. وهو إلىٰ جانب ذلك سريعٌ جداً في إنجاز أعماله، وهذه صفةٌ لافتة فيه لا سيما إذا علمنا مدىٰ ازدحام برنامجه: من تبسيط العلوم للعامة، وإعطاء محاضراتٍ في المدارس، وتأليف كتابٍ كلَّ سنة. . . ليت شعري كيف يجد الوقتَ الكافي لكل ذلك؟

لقد كنتُ معجَباً بنتاجه الغزير أيَّما إعجاب، إلىٰ درجةٍ حملتني علىٰ تزكيته للجمعية الفلكية عندما أرسَلَت تطلب مني ترشيح مَنْ أراه مستحقاً لنيل جائزة فاراداي Faraday award (عن أفضل «إسهام» كما يسمّونه في بريطانيا). وعندما رشَّحتُ جون للمسابقة نوَّهتُ بإنجازاته الكثيرة وإسهاماته في تبسيط العلوم، مُبرِزاً السببَ الذي يجعلني أعتقد أنه أفضل من كثيرٍ ممَّن تعاطوا في العلوم: ذلك أنه يأخذ بالعلم الحقيقي! ورحتُ أبسط الحديث عن أنه لم يأنف يوماً العملَ جنباً إلىٰ جنب مع علماء غير محترفين هم أصغر منه سنّاً وعلماً. وأكَّدتُ أنَّ هذه هي سمةُ العالِم الحق، وبذلك أعطيتُ سبباً آخر وجيهاً لاستحقاقه الجائزة كفاء جهوده في تيسير العلم لمن أراده.

بعد أن رشَّحتُ جون سنتَيْن متتاليتين، كانت خيبتي كبيرةً إذ لم يقع الاختيار عليه للفوز بالجائزة، لكني بعد لأيٍ عرفتُ أنَّ السببَ قلةُ لباقةٍ منّي في التعبير عن مكانة جون العلمية، بقولي إنه يفتقر إلى «العجز العلمي scientific impotence» لا بُدَّ أنَّ هذا التعبير قد جرح مشاعر أعضاء هيئة التحكيم جميعهم(*).

(*) عندما كنتُ حديثَ عهدٍ بمثل هذه الأمور، سطَّرتُ كتابَ توصيةٍ لأحد طلابي في الدراسات العليا، وأطلعتُ آندي علىٰ مسوَّدة ما كتبتُ، فانفجرَ غاضباً في مكتبي قائلاً: «تبّاً لك يا جواو، ما كان لك أن تهين المؤسسةَ في كتاب توصية!»

كانت تلك سنواتٍ سعيدةً علىٰ وجه العموم، بل لعلّها من أوفر سنوات حياتي إنتاجاً وفائدةً، لولا أنها كانت مشوبةً بسحابةٍ قاتمة: ففي صيف سنة 1999 قرَّرت كيم تركَ العمل في البحث العلمي، فآلمني ذلك كثيراً. وكانت تشغل آنذاك منصباً مؤقتاً في مدينة دَرم Durham بقي لها فيه سنةٌ واحدة. ثم ساءت أحوالها في هذا العمل فآثرت الاستقالة والتحوُّل إلىٰ العمل أُستاذةً في مدرسةٍ ثانوية بلندن.

قد تمرُّ عليك أوقاتٌ في بعض مراحل البحث تشعر فيها أنَّ الأمور لا تسير علىٰ ما يرام، وأنك تراوح في مكانك، وأنَّ الوقت قد حان للخروج من ذلك الموقف، عن طريق تغيير ميدان أبحاثك أو تبديل فريق العمل أو البحث عن مشروعٍ جديد، وهكذا، شأنَ الأفعىٰ التي تنسلخ من قشرها لكي تتجدَّد وتبقىٰ علىٰ قيد الحياة. كذلك كانت كيم تمرّ بإحدىٰ هذه المراحل المثيرة في حياتها. وقد يُفضي ذلك في الظروف الطبيعية إلىٰ تغييرٍ شاملٍ في موضوع بحثها. لكنَّ المسألة اتَّخذت منحىً مختلفاً لأنَّ كبار المسؤولين في دَرم، الذين كان يُفترض أن يقفوا إلىٰ جانبها ويحرصوا علىٰ مصلحتها، أجمعوا علىٰ الوقوف في وجه التغيير الذي رغبت في إجرائه.

كانت هذه التجربة قمينةً بأن تصوغ رؤاي في طبيعة العلم صوغاً نهائياً؛ وجعلتني أَخْلُص إلىٰ أنَّ الفيزياء ليست ككرة القدم، التي يمكن فيها تمييز نوعين من الناس: مديرين ولاعبين. أما في العلم فلا بُدَّ أن يكون المديرون لاعبين متميِّزين في آنٍ معاً، وإلا انتابهم شعورٌ بتهديد أصحاب المواهب لهم، وترتَّب عليهم عندئذٍ بذل جهدٍ خاصٍّ لكبحه. هذا تماماً ما حصل لكيم في ذلك الصيف الكئيب. ويبدو أنه نموذجٌ سائر؛ فقبل بضعة أشهر تنحّىٰ طالبُ دراساتٍ عليا موهوبٌ لأسبابٍ مشابهة، علماً بأنَّ ما أثار السخط علىٰ كليهما تفوُّقهما علىٰ مسؤولٍ علميٍّ متقدِّمٍ ومساعده.

ولم يُجْدِ شيئاً كونها امرأة. كتبت إليَّ كيم تقول:

لم يكن وجهُ اعتراضهم علىٰ تغيير موضوعي بحدّ ذاته، بل علىٰ أنَّ جانبَ التغيير المقترَح كان يتطلَّب قضاءَ بعض الوقت في لندن. فزعموا أنَّ الدافع الحقيقي لرغبتي في التغيير هو أن أكون قريبةً منك، وأنَّ العِلمَ ما هو إلا ذريعة. هنا يظهر مدىٰ تحاملهم علىٰ جنس النساء أشدَّ ما يكون وضوحاً فيما أرىٰ. في حين كانوا يسمحون للشخص الآخر الذي يشاطرني المكتب ـ وهو باحثٌ ذكر في مرتبتي ـ بمغادرة دَرم مُدَداً طويلة، مقتنعين بأنَّ سفره إنما هو لأغراضٍ علميةٍ محضة. يا لمحاسن الصُّدَف أن تكون صديقتُه مقيمةً في المدينة التي يتردَّد عليها!

يستحوذ علىٰ بريطانيا هوسُ «اللياقة التقدُّمية political correctness، فيما يعدّونه اللغةَ المقبولةَ عُرفاً من حيث الفصل بين الدعابة «المستحسنة» و«السمجة»، وفيما يتَّصل بعادات الناس وسلوكياتهم، بل في كلِّ ما هو سطحيٌّ وتافه. من هذه النواحي أقول عن نفسي بصراحةٍ تامةٍ إني من أشدِّ المبغضين للمرأة. ولا أزيد علىٰ القول إنَّ اللغة والسلوكيات التي يُتوخّىٰ فيها البعدُ عن التحيُّز إلىٰ الجنس الآخر قد أتاحت لأولئك المتحاملين الموغلين في تحيُّزهم (مثلاً مَنْ يميِّزون تبعاً للانتماء إلىٰ بلدٍ أو عرقٍ أو جنس) فرصةَ البروز بمظهر أنصار المرأة في العلم. كلُّ ما عليهم فعله هو الحرص علىٰ استعمال كلمتَيْ «هو أو هي» بصورةٍ صحيحةٍ في كلامهم. أما في الخفاء، حيث تُصنَع القرارات الحقيقية، فهم الأعداءُ الماضون في غيِّهم وكراهيتهم للمرأة كما هو شأنهم دوماً.

وتعدّ كامبردج، في هذه المسألة وفي مسائل كثيرةٍ أخرىٰ، منبعاً غنيّاً للنوادر الطَّليَّة. وأستعيد هنا اجتماعاً عُقِدَ في جامعة كامبردج كان الهدف منه ترقية نسوةٍ في قسم الفيزياء. وأذكر حالة الهياج التي انتابت الرجالَ الحاضرين فيما يتعلق بإسهاماتهم في الموضوع المطروح، وكيف أنهم لم يَدعوا مجالاً للكلام لأيِّ امرأة. وأذكر أيضاً بكثيرٍ من المحبَّة أحدَ أنصار «اللياقة التقدُّمية»

الذي حرصَ في حديثه علىٰ إضافة كلمتَيْ «هو أو هي»، وكان واضحاً أنه لم يكن مُدركاً أنَّ النساء يتنبَّهن علىٰ الفور عندما يتأمل الرجالُ صدورهن؛ ولم أُفاجأ عندما وجدتُ أنَّ أحداً منهن لم تلقِ بالاً لتملُّقه ومديحه المسرف. وقد وجدتُني يوماً في مقهىً أتناقش مع هذا الشخص نفسه في مسألةٍ دقيقةٍ في نظرية النسبية، واتفق أن مرّت كيم قريباً منّا، فراح صاحبنا يرمق ببصره مؤخِّرتها. وكنتُ مرتبطاً في تلك المرحلة بعلاقةٍ عاطفيةٍ حميمةٍ مع كيم. قلتُ له بفورةٍ ذاتِ طابعٍ لاتيني: «جميل، أليس كذلك؟» وغنيٌّ عن القول إنه منذ ذلك اليوم يتجنَّبني ويفرّ من لقائي فراره من الطاعون.

كان أثرُ خروج كيم من حظيرة العلم عميقاً في نفسي أثناء السنوات التي تآلفت فيها لديَّ حلقاتُ نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء، فقد أصبحتُ أقلَّ اهتماماً بالمؤسسة؛ وفي هذه المرحلة تقريباً تكوَّنت في عقلي بعضُ أكثر الآراء تطرُّفاً في كتابي هذا، وصيغت النماذجُ المطوَّرة من السرعة المتغيِّرة للضوء بدافعٍ من الحاجة إلىٰ إلحاق الإهانة بحالة النفاق والفساد التي تُعاني منها المؤسسةُ العلمية.

وكانت هذه الطاقةُ «الغاضبة» هي ما كنتُ أحتاج إليه تماماً، إذ بفضلها انطلقت نظريةُ السرعة المتغيِّرة للضوء وكانت المشاهدُ التي ترتسم من فوق السحاب ذاتَ ألوانٍ غنيةٍ تطفو على كلِّ الهنات وتجعلني أُقرُّ ـ برغم كلِّ شيء ـ بأنَّ تينك السنتين كانتا مبعثاً لسعادةٍ حقيقيةٍ لي.

طوال هذه المدة عبَّر عملي في نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء في المقام الأول عن تأثير جون موفات فيَّ وأنا أسعىٰ إلىٰ التوفيق بين نظريَّتَيْ السرعة المتغيِّرة للضوء والنسبية. وكنتُ أفعل ذلك لا خشيةَ معارضةِ النسبية، بل بدافع ما استهواني من أنَّ نظريات VSL «المحافِظة» هذه يمكن تطبيقها بصورةٍ أسهل بكثير خارج نطاق علم الكون. ومع أني كنتُ مستعداً لتوسيع مجال اهتماماتي، كان من العسير تنفيذ ذلك عملياً باستعمال النموذج الابتدائي للنظرية، الذي

صغتُه مع آندي أولَ مرة. ولم يكن ذلك ليقلقنا آنذاك لأنا كنّا في طور البحث عن منافسٍ لنظرية التوسُّع الانفجاري ليس غير. ولم يكن لدىٰ نظرية التوسُّع بالتأكيد ما تقوله خارج إطار علم الكون. أما في هذه المرحلة فقد ارتفعت معاييري، فتوقَّعتُ من نظريةِ السرعة المتغيِّرة للضوء أن تبزَّ نظريةَ التوسُّع الانفجاري عن طريق التنبُّؤ بشيءٍ عن فيزياء الكون الحالي، لا أن تكون مجرَّد حدثٍ مبتَسَرٍ من حياة وجه الكون الأول.

لذلك شرعتُ بتنفيذ عمليةٍ ما برحتُ ملازماً لها حتى اليوم، وتتمثَّل بتحويل السرعة المتغيِّرة للضوء من نظريةٍ وحيدة إلىٰ مجموعةٍ واسعةٍ من النماذج التي يجب ألا نتوانىٰ في إدخال تغييراتٍ مستمرةٍ عليها إلىٰ أن تُثْبِتَ التجربةُ صحةَ نموذجٍ واحدٍ منها. بالمثل، هناك مئاتٌ من نماذج التوسُّع الانفجاري حالياً، وستستمر الحالة كذلك حتىٰ تتحقَّق صحة واحدٍ منها بصورةٍ قاطعة.

ها قد انتهيتُ في خاتمة المطاف إلىٰ نموذجي الخاص من نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء اعتماداً علىٰ لاتغيُّر لورنتس Lorentz invariant VSL theory، الذي لم يكن من السهل تحقيقه علىٰ الإطلاق. لكن جهودي أثمرت علىٰ كل حال، وأفضت النظريةُ الجديدةُ إلىٰ ظهور سيلٍ من التنبُّؤات.

وعلىٰ غرار ما فعل موفات قبلي، أنعمتُ النظرَ في دقائق ما انطوت عليه مسلَّمةُ أينشتاين الثانية، باحثاً عن سُبُلٍ أخرىٰ توصِل إلىٰ نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء اعتماداً علىٰ لاتغيُّر لورنتس. وتذكَّرتُ، وأنا أعمل في ذلك، مناقشةً دارت بيننا ـ آندي وأنا ـ وبين محرِّر مجلة PRD، الذي شكَّك في أن تكون سرعةُ الضوءِ المتغيِّرةُ ظاهرةً قابلةً للرصد. ولاحظَ أنّا لو غيَّرنا طريقةَ قياس الزمان مثلاً (أي «وحدات» الزمان) لتمكَّنّا من فرض أي تغييرٍ في سرعة الضوء. ولكن إذا كانت النتيجةُ منوطةً باختيار الوحدات، فمن الواضح أنها لن تعبِّر عن وجهٍ حقيقيٍّ من الواقع.

لقد تسلَّح محرِّرُ المجلة بهذه المحاكمة لمهاجمة فكرة سرعةٍ متغيِّرةٍ للضوء، غير أني أدركتُ فيما بعدُ أن هذا المنطق يمكن قلبه للغضّ من فكرة ثبات سرعة الضوء بالطريقة ذاتها تماماً. وانطلاقاً من هذا المنظور يبدو أنَّ التسليم بثبات سرعة الضوء ليس إلا تقليداً اصطلاحياً، أو تحديداً لواحدة الزمن التي تَتَثَبَّت بدورها من صحة المسلَّمة. فهل مسلَّمة أينشتاين المعروفة لغوٌ لا يحمل جديداً؟

الجواب إيجابٌ ونفيٌ معاً. لقد أدركتُ بسرعةٍ أنَّ ثمة جوانب في المسلَّمة الثانية تتوقَّف فعلاً علىٰ اختيار الوحدات، في حين لا تعتمد جوانبُ أخرىٰ منها علىٰ ذلك. وقد تقدَّم لنا كيف أنَّ أبقار أينشتاين (أو بالأحرىٰ مايكلسن ومورلي) قد أجرت تجربةً حقيقية، ولذلك فلا يمكن أن تكون المسلَّمةُ الثانيةُ عقيمةً أو خاليةً من المعنىٰ تماماً. وبالفعل عندما أقول، علىٰ سبيل المثال، إنَّ سرعةَ الضوء لا تعتمد علىٰ لونه، فإنَّ ذلك غير منوطٍ بالوحدات التي أستعملها؛ فلو أخذتُ شعاعين ضوئيَّيْن مختلفَيْن لوناً، وأجريتُ قياساً لسرعتيهما في مكانٍ وزمانٍ واحد، وباستعمال مقاييس الزمان والأدوات نفسها، لوجدتُ أنَّ النسبة دوماً واحدةٌ لا تتغيَّر بقطع النظر عن الوحدات المستعملة، علماً بأنَّ نسبة سرعتين، من قبيل π (التي تعبِّر عن نسبة طولين)، ليس لها وحدات، فهي لا تتغيَّر مهما كانت الأدوات المستعملة. من هنا يتبيَّن أنَّ هذا الجانبَ الخاص من المسلَّمة الثانية للنسبية جانبٌ عصيٌّ على الاختراق(*).

علىٰ أنَّ للمسلَّمة جوانب أخرىٰ يمكن اختراقها، وهي بالفعل لغوٌ أو مصطلحات تقليدية. ثم إنَّ القول بثبات سرعة الضوء في أزمنةٍ وأمكنةٍ مختلفة لا بُدَّ بالضرورة من أن يعتمد علىٰ آلية بناء مقاييس الزمان المستعملة. وكيف

(*) لاحِظْ أنَّ نظرية موفات في السرعة المتغيِّرة للضوء منيعةٌ هي الأخرىٰ علىٰ النقد؛ وهي تنصّ علىٰ تغيُّرٍ في نسبة سرعتَي الفوتونات والگرافيتونات في المكان والزمان. ولما كانت هذه النسبة لا وحدات لها، فهي لا تتعلَّق بأدوات القياس المستعملة.

يمكنني الجزم بأنَّ دقّات ميقاتياتي لا تتغيَّر في أيّ مكانٍ وزمان؟ إنَّ هذه «الحقيقة» يجب أن تكون موضع اتفاقٍ ضمني بين الفيزيائيّين جميعاً. ولنضرب مثلاً أكثر واقعيةً في إطار تغيير نظريات ألفا: إنَّ مقاييس الزمن الإلكترونية لا تختلف عن الميقاتيات ذوات البندول، وتتفاوت دقّاتها (بصورةٍ غير محسوسة) علىٰ الأرض وعلىٰ القمر. لذلك فإنّا نرتكب الخطأ نفسه عندما نقول إنَّ سرعة الضوء لا تتغيَّر بتغيُّر الأزمنة والأمكنة، وكأنَّا نضع ميقاتيةً دقّاقةً ذات بندول علىٰ متن مركبةٍ فضائية.

وعندما ثبتَ لي أنَّ جزءاً من مسلَّمة أينشتاين الثانية له معنىً فيزيائي، وأنَّ بقية أجزائها غير ذات معنىٰ ولا تقوىٰ علىٰ تمثيل حصيلة أي تجربة، عزمتُ علىٰ الأخذ بالجزء الأساسي المفيد وطرح الباقي، تاركاً بذلك مجالاً كافياً لإمكان أن تكون سرعة الضوء متغيِّرةً في المكان والزمان. وكانت النتيجةُ نظريةَ سرعة متغيِّرة للضوء تقوم على لاتغيُّر لورنتس، ولا تعتمد سرعةُ الضوء فيها علىٰ لونه أو اتجاهه عند نقطةٍ معيَّنةٍ في الزمكان، ولا علىٰ أيٍّ من سرعتَي المُصْدر والراصد. وتبقىٰ نتيجةُ تجربة مايكلسن ـ مورلي كما هي عليه في النسبية الخاصة، ولا تزال قيمةُ سرعة الضوء عند نقطةٍ معيَّنة تمثِّل حدَّ السرعة الموضعي local speed limit إلا أنَّ قيمةَ هذا الحدّ قد تتفاوت من مكانٍ إلىٰ مكان ومن زمانٍ إلىٰ زمان، ولا شك أنَّ هذه السِّماتِ لا تصحُّ على «نكهات» نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء كافة، لكنّي قرَّرتُ أن ألتزم نموذج «نكهة الفانيليا» حتى حين.

كان لتينك السنتين الميسورتين أثرٌ كبيرٌ في تعزيز ثقتي بنفسي وأنا ماضٍ في العمل علىٰ نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء «المحافِظة» هذه. وتمكّنتُ في نهاية الأمر من صوغها في قالبٍ جديد باستعمال مبدأ الفعل الأصغر principle of minimal action (لقد عاد موپيرتوي إلىٰ العمل). لكنَّ ما هو أهمّ من ذلك أنَّ النموذج الجديد لنظرية السرعة المتغيِّرة للضوء يمكن تطبيقه بسهولةٍ علىٰ فروعٍ

من الفيزياء غير علم الكون. وقد أدّىٰ هذا إلىٰ فيضٍ عارمٍ من التنبُّؤات الجديدة والمعالم المهمّة التي تذكي في نفسي روح الاندفاع لمتابعة العمل في نظريتي الأثيرة(*).

وأضرب مثلاً أني عندما كنتُ أبحث في فيزياء الثقوب السوداء استناداً إلىٰ نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء، وقفتُ علىٰ عدَّة نتائج مدهشة؛ فالثقوب السوداء تنبُّؤٌ محيِّرٌ للنسبية العامة، أجرامٌ هائلة ومتراصّة يتعذَّر علىٰ الضوء أو غيره الإفلاتُ منها. وتقضي نظريةُ النسبية بأنَّ الضوء، شأنَ سائر الأجرام، «يسقط» باتجاه أجرامٍ هائلة الكتلة تقع علىٰ مقربةٍ منه. وإذا كانت الصواريخُ تسقط ـ ومحرِّكاتها مغلقة ـ تجاه الأرض، فكذلك الضوءُ. إلا أنَّ للصواريخ ما يسمّىٰ «سرعة إفلات escape velocity»، وهي سرعةٌ إذا تجاوزتها الصواريخُ خرجت عن نطاق تأثير الأرض، وإذا قصرت عنها بقيت إلىٰ الأبد رهينةَ قوة جذبها. إنَّ سرعة الإفلات في حالة ثقبٍ أسود أعظم من سرعة الضوء!

لكنّي أُحب أن أكون أكثر دقّةً فأقول إنَّ سرعة الإفلات تعتمد علىٰ عاملَيْن: مدىٰ ضخامة الجِرم الجاذب ومبلغ ارتفاعك. أما العامل الأول فهو واضح؛ إذ إنك بحاجةٍ إلىٰ قوة دفعٍ للإفلات من كوكب المشتري أكبر مما تحتاجه للإفلات من الأرض. كذلك فإنَّ صاروخاً يدور حول الأرض يحتاج إلىٰ قوَّة دفعٍ للإفلات أصغر مما يحتاجه فيما لو كان علىٰ سطحها. علىٰ أنَّ التعريف الدقيق لثقبٍ أسود هو أنه جِرمٌ يتمثَّل بـ «ارتفاعٍ» (أو مسافةٍ إلى مركزه) دونه تغدو سرعةُ الإفلات أكبرَ من سرعة الضوء. وباعتبار أنَّ لا شيء أسرع من الضوء، فاعلم إذا وجدتَ نفسك علىٰ ارتفاعٍ أدنىٰ من هذا أنك ستبقىٰ علىٰ وضعك هكذا إلىٰ الأبد.

إذن يجب أن تكون الثقوبُ السوداء ضخمةَ الكتلة ومتراصَّة البناء، حيث

(*) أؤكد أنَّ كثيراً من هذه الاكتشافات يخصُّ نظريات السرعة المتغيِّرة للضوء القائمة علىٰ لاتغيُّر لورنتس تحديداً، ولا يصلح لتطبيقاتٍ أخرىٰ.

تكون نقطةُ اللاعودة هذه واقعةً خارجَ سطوحها لا مندسَّةً داخلها. وتسمّىٰ المنطقةُ التي تصبح فيها سرعةُ الإفلات هي سرعة الضوء بـ «أُفق» الثقب الأسود black hole horizon. ويُمثِّل أفقُ الثقب الأسود، شأنَ نظيره الكوني، ستاراً من الألغاز المحيِّرة، وهو يرسم حدودَ سطحٍ وراءه يقع المجهول؛ إذ لا يمكن لشيءٍ أن يعبره من الداخل ليُعْلمنا بما يجري هناك لأنَّ باطنَ الثقب الأسود عالَمٌ منفصلٌ عنّا تماماً.

والثقب «أسود» لأنَّ ضوءه الصادر عن المادة التي بداخله ما يلبث أن يرتدَّ إليه ارتدادَ الألعاب النارية إلىٰ الأرض. ولهذا السبب لا يُمكننا أن نؤمِّل رؤيةَ ثقبٍ أسود رؤيةً مباشرة؛ كلُّ ما يمكننا رصده مركباتٌ فضائيةٌ توشك أن تعبر الأفق، فتكبح سرعتَها وترسل طواقمُها المنكوبةُ إشارات استغاثة بالراديو، ثم فجأةً. . . يخيِّم صمتٌ مطبق، لا بسبب تعطُّل الأجهزة والمعدّات، بل لأنَّ صيحات الاستغاثة تُبتَلَع الآن مع المستغيثين، علىٰ نحوٍ لا يمكن ضبطه، باتجاه الثقب الأسود الشَّرِه.

ماذا عسىٰ أن يكون دور سرعةٍ متغيِّرةٍ للضوء تجاه هذا كلِّه؟ لقد ظهر لي أنَّ سرعةَ الضوء، في نظريات السرعة المتغيِّرة للضوء، ليس في الزمان مع تطوُّر الكون فحسب، بل في المكان كذلك. ولئن كان الأثرُ غير محسوسٍ بالقرب من الكواكب والنجوم، فإنَّ أمراً مثيراً قد يحدث بجوار ثقبٍ أسود. ولشدِّ ما كان ذهولي كبيراً عندما وجدتُ أنَّ المعادلات قد أفضت إلىٰ نتيجةٍ تقول إنَّ سرعة الضوء عند الأفق قد تصبح بحدّ ذاتها صفراً!

وبالطبع فإنَّ لهذه النتيجة مدلولاتها؛ إنها تُظهِر أنَّ بعض نظريات السرعة المتغيِّرة للضوء يتنبّأ باحتمال استحالة ولوج أُفق الثقب الأسود. وطبقاً لنظريات السرعة المتغيِّرة للضوء المحافِظة، كما في النسبيّة الخاصة، تبقىٰ سرعةُ الضوء هي حدَّ السرعة. ويجب أن تبقىٰ سرعتُك دوماً أدنىٰ من القيمة الموضعية لسرعة الضوء، فإذا انخفض حدُّ السرعة إلىٰ الصفر تكون قد فوجئتَ بالإشارة الضوئية

الحمراء النهائية، ويترتَّب عليك التوقُّف عند أُفق ثقب VSL أسود. وعند حافة الهاوية تخفق محاولةُ الانتحار، إذ تُسَدُّ الثقوب السوداء بحسب نظرية VSL في وجه الكارثة.

ويمكن تفسير هذه الصفة الغريبة بطريقةٍ أخرىٰ، وذلك بملاحظة أنَّ مظاهر صارخةً من عدم الانتظام تصيب مقاييس الزمان الإلكترونية بالقرب من الثقوب السوداء حسب السرعة المتغيِّرة للضوء. وأيّاً كانت طريقةُ تحديدنا للزمان، فإنَّ هذه المقاييس ستختلف دقّاتُها بجوار ثقب أسود. إلا أنَّ العمليات البيولوجيةَ بحدِّ ذاتها ذاتُ طبيعةٍ كهرطيسية، وهذا يعني أنَّ معدَّل تقدُّمنا بالسِّن هو في الواقع بمنزلة ميقاتيةٍ إلكترونيةٍ ممتازة. وقد تبيَّن لي أنّا نشيخ بسرعة أكبر إذا كنّا بجوار ثقبٍ أسود حسب السرعة المتغيِّرة للضوء لا بسبب ظاهرة تمدُّد الزمان time dilation effect(*)، بل بسبب ارتفاع سرعة حدوث التآثرات الكهرطيسية electromagnetic interactions لذلك تزداد سرعة نبضات قلوبنا ونشيخ بسرعة حسب السرعة المتغيِّرة للضوء باقترابنا من ثقبٍ أسود؛ أو أنّا ـ بالمقابل ـ نلحظ تباطؤاً في حركتنا باتجاه الأفق بالنسبة إلىٰ معدَّل سرعة حياتنا. ومع دنوّ الاقتراب ينقضي زمانٌ لانهائي (بالنسبة إلىٰ مقاييسنا الزمانية)، في حين ما تكاد تنقضي ثانيةٌ واحدة لو بقيت سرعةُ الضوء ثابتة. ويكون الأفق قريباً وفي الوقت نفسه أبعد وصولاً: إن أفق الثقب الأسود حسب السرعة المتغيِّرة للضوء أشبه بهدفٍ يقع علىٰ بُعدٍ لانهائي، علىٰ حافةٍ من الفضاء لا سبيل إلىٰ بلوغها، تقع وراءها كينونةٌ غريبةٌ من الأبدية اللانهائية.

ومع أنَّ في ذلك ما يكفي من الغرابة، فإنَّ لنظرية السرعة المتغيِّرة للضوء «المحافِظة» هذه مدلولاتٍ مذهلةً حقاً؛ فما إن أدركتُ أنَّ سرعةَ الضوء تتغيَّر في

(*) وفقاً لنظرية النسبية الخاصَّة لأينشتاين، تبدو الميقاتيةُ لمراقبٍ متحرِّك وكأنها تدقُّ بسرعةٍ أقل من تلك التي يرصدها مراقبٌ آخر ساكنٌ. تسمىٰ أيضاً: ظاهرة تباطؤ الميقاتيات slowing of clocks (المعرِّب).

المكان والزمان حتىٰ انطلقتُ أدرس الأنماطَ الأخرىٰ المحتملَة للتغيُّرات المكانية spatial variations، وحيَّرني من هذه الأنماط بنوعٍ خاص ما يسمىٰ «المسالك السريعة fast-tracks»: وهي أجرامٌ تظهر في بعض نظريات السرعة المتغيِّرة للضوء الحقلية، وتتمثَّل بصورة أوتارٍ كونية cosmic strings يكون الضوءُ علىٰ امتدادها أسرع بكثير.

والأوتار الكونية أجرامٌ افتراضية تنبَّأت بها بعضُ نظريات الفيزياء الجُسَيْميَّة، وهي في الواقع ليست بعيدةَ الشَّبه من حيث منشؤها عن أحاديّات القطب المغنطيسي magnetic monopoles التي شَغَلَت آلن گوث. ولكن في حين أنَّ أحاديّاتِ القطب نقطيَّةُ الشكل فإنَّ الأوتار الكونية خطِّيَّةٌ تتَّخذ شكلَ خيوطٍ طويلةٍ من الطاقة المركَّزة تمتدُّ في أرجاء الكون، وتستعصي علىٰ الرصد حتىٰ اليوم، شأنَ الثقوب السوداء وأحاديّات القطب، غير أنها تنبُّؤٌ منطقيٌّ لنظرياتٍ ناجحةٍ جداً في الفيزياء الجُسَيْميَّة.

عندما أدخلتُ الأوتارَ الكونيَّةَ في معادلات نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء هذه ظهرَ ما لم يكن في الحسبان؛ فقد وجدتُ أنَّ سرعةَ الضوء قد تتعاظم كثيراً في الجوار المباشر للوتر، وكأنَّ «غطاءً» من سرعةٍ ضوئيةٍ عظيمةٍ قد لفَّه.

يخلق ذلك مساراً ذا حدِّ سرعةٍ عالٍ جداً يمتدُّ عبر الكون، وهذا بالضبط ما يحتاج إليه السفرُ عبر الفضاء: مسارٌ سريع. إلا أنَّ ثمَّة ما هو أفضل من ذلك! تذكَّرْ ما سبق أن ذكرتُه لك عن أبقاري المجنونة، وكيف أنها بقيت فتيَّةً وهي تعدو بسرعاتٍ هائلة، في الوقت الذي كانت تتقدَّم السنُّ بالمزارع العاقل يوماً بعد يوم. إنَّ ظاهرة تمدُّد الزمان التي خرج بها أينشتاين حَرِيَّةٌ بأن تُسبِّب وضعاً مُعقَّداً فيما يتَّصل بالسفر عبر الفضاء. فحتىٰ لو وُجدت طريقةٌ للسفر بسرعةٍ تقارب سرعةَ الضوء، بل حتىٰ لو بات بالإمكان القيام برحلة ذهابٍ وإيابٍ علىٰ متن مركبةٍ فضائية إلىٰ نجومٍ نائيةٍ في زمانٍ يستغرق عُمرَ إنسان، فلسوف يكتشف المسافرون العائدون أنَّ حضارتهم قد انتهت. صحيحٌ أنَّ سنواتٍ

معدودةً فقط هي التي انقضت في حساب المسافرين، لكنَّ آلاف السنوات تكون قد انصرمت على الأرض.

وعلى امتداد وترٍ كونيٍّ اعتماداً على نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء لن تكون ثمَّة منغصاتٌ كهذه تعيق المسافرَ إلى الفضاء. ومع أنَّ ظاهرة تمدُّد الزمان ما برحت موجودةً في نظريات السرعة المتغيِّرة للضوء هذه لأنَّ النظرية مازالت متوافقةً مع لاتغيُّر لورنتس، إلا أنها ـ شأن النسبية الخاصة ـ لا تظهر أهميتُها إلا إذا كانت سرعةُ المسافر مقاربةً لسرعة الضوء c، التي تعني في هذه النظرية القيمةَ الموضعية لسرعة الضوء. ولما كانت قيمة c على امتداد وترٍ كونيٍّ قد تكون أعلى بكثير، أمكننا الانتقال بسرعاتٍ عاليةٍ جداً بالفعل، ولكنها في الوقت نفسه أبطأ كثيراً من قيمة c الموضعية، حيث يصبح تمدُّد الزمن طفيفاً لا يُعتَدُّ به. وعندئذٍ يكون بإمكان رائد الفضاء المغامر أن ينطلق بسرعةٍ كبيرةٍ على امتداد المسارات السريعة، مستكشفاً أركان الكون النائية، ومع هذا تكون سرعتُه أبطأ من سرعة الضوء الموضعية. ومن ثم يتجنَّب ظاهرةَ «مفارقة التوائم twin paradox(*)»، فضلاً على احتفاظه (على وجه التقريب) بسِنِّ توأمه من أترابه. وهكذا يكون قد جمع بين حُسْنَيَيْن: تحقيق زيارة المجرّات النائية في أثناء عمره، وعودته إلى الأرض ضمن حدود أعمار لِداته.

ولا شكَّ أنَّ هذا أثرٌ مذهلٌ لنظرية السرعة المتغيِّرة للضوء، ولو صَحَّ لغيَّر وجهَ نظرتنا إلى أنفسنا في هذا الكون، وآمالَنا في الاتصال بنوعٍ من أنواع الحياة خارج نطاق كوكبنا. ولعلَّ أبرز تلك التطوّرات سيتناول مجملَ صورة الكون المرتبطة بهذه النظريات.

لقد أدخل أينشتاين الثابتَ الكونيَّ في نظريَّته منذ البداية ليجعل الكونَ

(*) التناقض الظاهري بين مبدأ النسبيّة الذي يجزم بتكافؤ مختلف المراقبين وبين التنبُّؤ، الذي هو أيضاً جزء من نظرية النسبية، بأنَّ ميقاتية المراقب الذي يتحرك جيئة وذهاباً ستكون أبطأ من ميقاتية مراقبٍ ثابت. تسمى أيضاً: مفارقة الميقاتية clock paradox. (المعرِّب)

سكونيّاً ولانهائياً. وكان مهتماً ـ شأنَ كثيرٍ من العلماء في زمانه وزماننا ـ بفكرة كونٍ محدَّد البداية (حتىٰ وإن كانت ترقىٰ إلىٰ ملياراتٍ خلت من السنين)، وعلىٰ الأخصّ بمعرفة ماذا حصل قبل حادثة الانفجار العظيم، وما هو الذي انفجر؟ وهل من المفيد الحديث عن «بداية» الزمان نفسه. يرىٰ أينشتاين وكثيرون من بعده أنَّ الحديثَ عن كونٍ لا نهائي أجدىٰ بكثيرٍ من الناحية الفلسفية.

لكنَّ الكون السكونيَّ لا يقوىٰ علىٰ الصمود لأرصاد هَبِل، وقد تخلّىٰ أينشتاين فيما بعدُ عن الوسيلة التي كان قد استعان بها للوصول إلىٰ أهدافه: وهي الثابت الكوني. وعلىٰ مدىٰ العقود التالية بقي لامدا بعيداً عن معظم الاعتبارات الكونية. ولم يعلم أينشتاين ونظراؤه بالطريقة الملتوية التي سيعود فيها لامدا إلىٰ الظهور علىٰ مسرح علم الكونيات في نهاية القرن العشرين.

منذ أن اكتشَفَ هَبِل ظاهرةَ التوسُّع الكوني أُجريت أرصادٌ فلكيةٌ مشابهة بدرجاتٍ متزايدةٍ من الدقّة. ونذكر بنوعٍ خاص ما قام به علماءُ الفلك علىٰ مدىٰ السنوات الماضية من دراساتٍ للمستعمرات الفائقة supernovae في المجرّات النائية، رجاة اكتشاف معدَّل توسُّع الكون في الماضي السحيق. والغاية من ذلك الوقوف علىٰ معدَّل تباطؤ الكون نتيجةً لجاذبية الثقالة.

غير أنَّ النتيجة تبدو متناقضةً مع نفسها: فالكون يبدو أنه يتمدَّد حالياً بمعدَّلٍ أسرع من تمدُّده في الماضي، أي إنَّ التمدُّدَ الكونيَّ في تسارُع! ولا يمكن أن يحدث ذلك إلا بوجود قوةٍ تنافريّةٍ غامضة تُباعِد بين المجرّات، خلافاً للنزعة الطبيعية لقوة الثقالة، التي تدفعها مقارِبةً بينها. وقد باتت هذه القوةُ الخفيَّةُ مألوفةً لدىٰ العلماء النظريّين. إنه ثابت أينشتاين الكوني (لامدا) يطلّ برأسه القبيح من جديد.

وهذا انعطافٌ غير متوقَّع؛ فالثابت الكونيُّ يبدو أنه ليس صفراً. ولكن إذا كانت طاقةُ الخواء عنصراً مهماً في الكون فلماذا لم يستجب الكونُ لآثارها إلا إلىٰ عهدٍ قريب؟ وقد رأينا أنَّ لامدا ينزع إلىٰ السيطرة؛ فلو كان موجوداً بالفعل

لطغىٰ علىٰ المادة المعتادة منذ زمانٍ بعيد، دافعاً بالمجرّات كلِّها إلىٰ اللانهاية. إذن لماذا لا يزال الكونُ موجوداً؟

إنَّ نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء توفِّر حلاً مُحْتَمَلاً. وقد تقدَّم لنا أنَّ الانخفاض الحادَّ في سرعة الضوء يحوِّل طاقةَ الخواء إلىٰ مادّةٍ معتادة، فيحُلُّ بذلك مشكلةَ الثابت الكوني. ومن الممكن الآن صوغ نظريةٍ ديناميكيةٍ يكون فيها الثابتُ الكونيُّ نفسُه مسؤولاً عن تغيُّراتٍ في سرعة الضوء. ومن هذا المنظور نرىٰ أنه كلَّما انخفضت سرعةُ الضوء انخفاضاً حادّاً تحوَّلَ لامدا إلىٰ مادّةٍ وحدثَ انفجارٌ عظيم، وأنه إذا أصبح لامدا عنصراً غير غالب ثَبَتَتْ سرعةُ الضوء وسارَ الكونُ سيرَه المألوف. علىٰ أنَّ أثارةً صغيرةً من لامدا تبقى في الخلفية ثم تطفو علىٰ السطح في النهاية. وطبقاً لنظرية السرعة المتغيِّرة للضوء رصدَ علماءُ الفلك للتوِّ ظهورَ الثابتِ الكونيِّ من جديد.

ولكن ما إن يحدث هذا حتىٰ يُسيطر لامدا علىٰ الكون، مُهيِّئاً الشروطَ الملائمةَ لحدوث انخفاضٍ آخر حادٍّ في سرعة الضوء، ثُمَّ لانفجارٍ عظيمٍ جديد! وتستمر العمليةُ إلىٰ ما لانهاية في سلسلةٍ متتابعةٍ من الانفجارات العظيمة.

ومن الغريب والبديع في آنٍ معاً أنَّ نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء ربَّما تولِّد كوناً لا بداية له ولا نهاية؛ ويستتبع ذلك أنَّ مستقبل الكون الذي نشهده اليومَ مستقبلٌ كئيب. فمع تنامي قوة لامدا سوف تُدفَع مادةُ الكون برمَّتها دفعاً إلىٰ اللانهاية، وسوف تُظلِم السماءُ بانتشار المجرّاتِ وتحوُّلها إلىٰ كائناتٍ موحشةٍ في بحرٍ من العدم. ومع ذلك، وفي ظلِّ تلك الأحوال الشديدة، تتنبّأ نظريةُ السرعة المتغيِّرة للضوء بتولُّد كميّاتٍ هائلةٍ من الطاقة تنشأ من جوف الخواء. هذا النموذجُ الكونيُّ الفارغُ يوفِّر الظروفَ الملائمةَ لحدوث انفجارٍ عظيمٍ جديد، وهكذا تبدأ الدورةُ من جديد.

ومن المفارقات أنه إذا كانت سرعةُ الضوء متغيِّرةً اقتضىٰ ذلك أن يكون

الكونُ نفسُه لانهائياً، وإذن سينقلب أكبرُ خطأ لأينشتاين إلىٰ أكبر برهانٍ علىٰ إصابته.

لكنَّ هذه الاكتشافاتِ الواعدةَ لم تكن خاتمةَ المطاف؛ إذ إني لما ثبتَ لي وجودُ عدة نظريات لسرعة متغيِّرة للضوء ممكنة، وأنها جميعاً تحمل مضامين وتطبيقاتٍ في شتىٰ ميادين الفيزياء، تأهَّبتُ للعودة إلىٰ اعتماد موقفٍ غير معتدل. وهكذا رحتُ أنظر في الآثار المترتِّبة علىٰ خرق مبدأ لاتغيُّر لورنتس، مستمدّاً ثقتي الجديدةَ من إدراكي أنَّ نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء لديها ما تقوله في لغز الفيزياء المطلق، وهو اللغز الذي تحاول نظريةُ الأوتار إيجادَ حلٍّ له.

12
دُوار المرتفعات

لعلَّك تدهش إذا علمتَ أنَّ أينشتاين كان حتىٰ آخر حياته يشعر بخيبةٍ عميقةٍ مما حقَّق من إنجازات. وإذا كان من السهل صرفُ النظر عن هذا الجانب الكئيب باعتباره تجسيداً لمستوياتٍ متقدِّمةٍ من جنون العظمة، إلا أنَّ له مع ذلك ما يبرِّره من الواقع؛ فقد كان أينشتاين طوال حياته ينشد الجمالَ الرياضيَّ وبساطةَ المفاهيم، وقبل هذا وذاك: الوحدةَ الكونيّة. حسبك أن تستحضر علىٰ سبيل المثال الأفكارَ البارعةَ التي تمخَّضت عن اكتشاف وحدة الكتلة والطاقة، أو تفسيره الرائع لتساوي الكتلة العطاليَّة والتثاقلية، لتتبيَّن فعلاً أنَّ نظرياتِه كلَّها تدور حول البحث عن توحيد المفاهيم تحت مظلَّةٍ كبيرةٍ واحدةٍ أرقىٰ تصميماً وأجمل مظهراً.

لكنَّه في أوائل الأربعينيّات من عمره أصبح نهباً لهاجسٍ لازَمَه حياتَه كلَّها. ومع أنه تعرَّض من قبلُ لمشكلاتٍ أقعدته عن المتابعة، إلا أنه هذه المرة مات دون أن يتمكَّن من حلٍّ لغزه الغامض الذي يتمثَّل في البحث الحثيث عن النظرية الموحَّدة الكبرىٰ للكهرمغنطيسية والثقالة، أو «نظرية كلِّ شيء»، كما يحلو لنا أن نسمّيها اليوم. لكنَّ هذا البحثَ عن جَمالٍ موحَّد لم يُفضِ إلا إلىٰ اضطرابٍ كبير، ولا سيما مع اكتشاف أنماطٍ جديدة من القوىٰ (من مثل التآثرات الضعيفة والقوية، والتفاعلات النووية الوسيطة)، وتراكم التعقيدات التقنية غير المرغوبة.

ومما زاد الوضعَ سوءاً أنَّ المشكلة تحوَّلت شيئاً فشيئاً إلىٰ الحاجة إلىٰ توحيد مفهومَيْ الثقالة وميكانيك الكّمّ. ونحن نعلم أنّا نعيش في عالَم كموميّ لا توجد فيه الطاقةُ إلا علىٰ صورة مضاعفاتٍ لوحداتٍ أوَّليةٍ تدعىٰ الكَمَّات quanta (جمع كَمّ quantum)، وأنَّ الارتياب هو علَّةُ النظرياتِ والأرصاد كلَّما حاولتْ دراسةَ مقادير بالغة الصغر من مادةٍ تحتوي علىٰ كمّاتٍ قليلة. ومن المعلوم أنَّ الكهرباء وصِنْوها المغنطيسية هي مقادير مكمّاة quantized، وأنَّ الفوتون هو الجُسَيْم المحدود الذي يمثِّل الوحدات الأوَّلية للكهرمغنطيسية. ويُذْكَر أنَّ القوىٰ الضعيفة والفعّالة هي مقادير مكمّاة أيضاً، وهذا القدر مفهومٌ تماماً.

بالمقابل، لم يتمكن أحدٌ من صوغ نظريةٍ حقيقيةٍ تتناول «الثقالة الكمومية quantum gravity»، علماً بأنَّ الگراڤيتون graviton (وهو كَمُّ الثقالة) مازال محيِّراً وممتنعاً على الإدراك بالوجه الصحيح. وهكذا يبدو أنَّ توحيدَ قوة الثقالة مع قوىٰ الطبيعة الأخرىٰ عبثٌ لا غَناء فيه في هذه المرحلة لافتقارنا إلىٰ نظريةٍ موحَّدةٍ يكون فيها أحدُ النصفين مُكمّىٰ والآخر غير مُكمّىٰ.

وقد غدت فكرةُ الثقالة الكمومية مسألةً عويصةً يضيق العلماءُ ذرعاً بها، وتشبه إلىٰ حدٍّ ما آخِرَ مبرهَنةٍ لـ فيرما [Pierre de] Fermat(*) أو غيرها من المسائل المعقّدة التي يقف العلماءُ أنفسهم لحلّها. ترىٰ هل سيكون هذا خاتمةً حاسمة للمناقشات في نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء.

إنَّ الإدراك التامّ للمسألة يتطلَّب فهمَ عددٍ من الجوانب التقنيّة التي لا تتَّضح إلا للخبير المتمرّس. لكنَّ جوهر اللغز يمكن شرحه بعباراتٍ بسيطة؛ فمنذ ذلك العقد من الزمن بذل أينشتاين جهوداً مُضنية تُوِّجت بنظرية النسبية العامة، ونحن نعرف أنَّ قوة الثقالة هي مظهرٌ لتقوُّس الزمكان؛ فلم يعد الزمكان خلفيَّةً ثابتةً

(*) پيير دو فيرما (1601 ــ 1665) رياضياتي فرنسي، مبتكر نظرية الأعداد الحديثة ونظرية الاحتمالات والهندسة التحليلية. (المعرّب)

تقع فيها الأحداث، بل إنه قابلٌ للانحناء والانفتال بحيث يتطوَّر امتدادُه تبعاً لأنماط معقَّدةٍ تؤلِّف هي نفسُها ديناميكيات الثقالة.

من هنا كان التعاملُ مع الثقالة علىٰ أساسٍ كمّي (أي تكمية الثقالة) quantizing gravity يعني تكميةَ الزمكان. ويستتبع ذلك حتميةَ وجود مقادير من الطول (المكاني) والأمد (الزماني) صغيرةٍ جداً وغير قابلةٍ للانقسام: كمّات ثابتة تؤلِّف أي زمنٍ أو بُعد. يُطلَق على هذه الكمّات اسم طول پلانك Planck length (Lp) وزمن پلانك Planck time (tp) ولا يُعرف حتىٰ اليوم شيءٌ عنها سوىٰ أنها لا بدَّ أن تكون بالغة الصِّغر.

ولكن علينا، قبل أن نتعمَّق في ذلك، أن نوضّح أنّا لكي يكون بإمكاننا أن نُكمِّيَ المكان والزمان نحتاج إلىٰ ميقاتيةٍ مطلقة وقضيب، وهما أمران تنكرهما علينا نظريةُ النسبيةِ الخاصة (علماً بأنّا سنعود إلىٰ تناول هذه النقطة بفضل بيانٍ بعد قليل). فإذا كان المكان والزمان بالفعل حُبَيْبِيَّيْن، إذن لاقتضىٰ ذلك أن تكون ذرّاتُهما مُطلقة؛ لكن ليس ثمَّة في الواقع مكانٌ أو زمانٌ مُطلق. هكذا نبقىٰ مُكبَّلين بقيودٍ من صنع أنفسنا: لدينا النظرية الكمومية، والنسبية الخاصة والعامة، وعلينا ــ من خلال مبادئهما معاً ــ أن نستنبط نظريةً في الثقالة الكمومية، إلا أنَّ النتيجةَ تناقضٌ محض.

وأؤكد هنا أنَّ الحاجةَ إلىٰ نظريةٍ في الثقالة الكمومية لا تنشأ من تعارضٍ مع التجربة العلمية، لأنّا لا بُدّ أن نجد ظاهرةً فيزيائيةً تخضع للثقالة الكمومية؛ بل ربما تنشأ من انعدام التوحيد ومن أن الثقالة ــ ببساطة ــ ليست مكمّاة. لكن هذا الاحتمال قد يجوز علىٰ إحساسنا المنطقي. إنَّ الطبيعة بحاجةٍ ماسَّةٍ إلىٰ مبدأٍ واحدٍ قادرٍ علىٰ استيعاب شتىٰ النظريات المضطربة التي نستعملها اليوم لتفسير العالَم الفيزيائي من حولنا.

ثم إنّا تعرَّضنا سابقاً للغز الثقالة الكمومية في معرض تعريفنا لما يسمّىٰ حقبةَ پلانك Planck epoch، وهي تلك المدةُ من عُمر الكون الحارّ الفتيّ التي

تمدَّد فيها بسرعةٍ خاطفةٍ يتعذَّر إدراكها تماماً دون الرجوع إلى مفهوم الثقالة الكمومية. وبهذا المعنىٰ فإنَّ البحث عن الثقالة الكموميّة هو بمنزلة البحث عن أصولنا المتوارية في أعماق حقبة پلانك. إلا أنّا نعلم الآن أنَّ تلك الحقبةَ المجهولة ما هي إلا جزء من لغزٍ أكبر؛ إنها جزءٌ من القضية الكبيرة التي أقضَّت مضجعَ أينشتاين حتىٰ ساعة رحيله عن دنيانا، بل هي قطعةٌ من سمفونيَّته التي لم تكتمل. لقد كان آخر ما نطقَ به أينشتاين كلمات باللغة الألمانية لم تفهمها ممرِّضتُه الأمريكية، وكأني به يقول: «كنتُ علىٰ يقينٍ من أنَّ ذلك اللعين سيعجزني.»

ونحن اليوم لسنا أكثر حكمةً من أينشتاين عندما لفظَ أنفاسه الأخيرة وقال معها ما قال؛ فبعد نحو خمسين سنة ينظر الفيزيائيون بعين الازدراء إلىٰ جهود أينشتاين الأخيرة (وهي ما يسمىٰ بالنظرية المتريَّة اللامتناظرة للثقالة)، وكأنها تخصّ عجوزاً خَرِفاً. لكنَّ أحداً لا يرضىٰ أن يقرَّ بأن جهودَنا الهزيلةَ جديرةٌ بالاحتقار هي الأخرىٰ، بل إنها مثيرةٌ للضحك والسخرية، ولا سيما فيما يتَّصل بالسَّقَط التافه الذي خرجنا به من نظريات الثقالة الكمومية.

لكن ما نقصِّر عنه في مجال الإنجازات العلمية نعوِّضه بالمظهر الجذّاب. وبالفعل، فنحن اليوم لا نملك «جواباً نهائياً» واحداً، بل جوابين علىٰ الأقل. ولا تتوفَّر لدىٰ أحد أدنىٰ فكرة عن أُسلوبٍ لاختبار هذه النظريات في مقابل التكنولوجيا الحديثة؛ ومع ذلك يبادر كلٌّ فردٍ إلىٰ الادّعاء بأنه وحده يمتلك «الكأس المقدَّسة» وأنَّ الآخرين جميعهم أفّاكون مدَّعون.

تُسمَّىٰ الطريقتان الرئيسيَّتان للثقالة الكمومية نظريةَ الأوتار string theory والثقالة الكمومية الحلقية loop quantum gravity. ولما كانت هاتان الطريقتان لا ترتبطان بالتجربة أو الأرصاد العملية من قريبٍ أو بعيد، فقد أصبحتا ملحقاتٍ ثانويةً في أحسن الأحوال، أو مصدراً لحربٍ إقطاعيةٍ في أسوئها. وهما تؤلِّفان اليومَ عائلتين متناحرتين: فإذا كنتَ تعمل في مجال الثقالة الكمومية الحلقية

وذهبتَ لحضور مؤتمرٍ يتناول نظريةَ الأوتار لنَظَرَ إليك القومُ نظرةَ استغرابٍ وتساءلوا عن سبب وجودك هناك. وإذا سَلِمْتَ من ألسنتهم عدتَ إلىٰ وطنك لتسمع عبارات التوبيخ والاستهجان من زملائك أنصارِ الثقالة الكمومية الحلقية الذين سيتّهمونك بأنك فقدتَ عقلك.

وكما هو الحال في كل طريقة، فإنَّ مَنْ لا يلتزم الخطّ الذي تسير عليه الجماعة يكون عرضةً للنّبذ والاضطهاد. فعندما كتبَ باحثٌ نظريٌّ شابٌّ من أنصار نظرية الأوتار في يوم مقالةً يُقدِّم فيها عرضاً على جماعة الحلقة، ما كان من إحدىٰ نصيرات الوتر إلا أن قالت معلِّقة: «إذا كتَبَ مقالةً أخرىٰ من هذا القبيل خَسِرَ بطاقةَ عضويّته في اتحاد نظرية الأوتار.» هكذا تطوَّرت عقليةُ الغوغاء وسادت. تصوَّرْ أنَّ مجرَّد انتمائك إلىٰ «الوتر» أو «الحلقة» قمينٌ بأن يفتح الأبوابَ أو يوصدها. فلو كنتَ مصنَّفاً في الحلقة مثلاً فلا تفكِّرنَّ في التقدُّم إلىٰ العمل في الوتر.

ومن المؤسف أن يكون أينشتاين نفسُه مَنْ يتحمَّل القسطَ الأكبر من المسؤولية عمّا آل إليه الحال في الفيزياء الأساسية. لقد رسمَ أينشتاين الشابُّ لنفسه نهجاً استبعدَ فيه من نظرياتِه كلَّ ما لم تُثبِت التجربةُ صحّتَه. وكان يمكن لذاك النهج الحميد أن يُحوِّله إلىٰ فوضويٍّ علميٍّ قضىٰ علىٰ فكرة الزمكان المطلق (أو الأثير) وغيرها من الرؤىٰ الكثيرة التي كانت سبباً في إعاقة مسيرة الفيزياء في أيامه.

لكنَّه غيَّر موقفه عندما تقدَّمت به السنّ، فأمسىٰ أكثر تصوُّفاً، وبدأ يؤمن بأنَّ الرياضياتِ وحدَها، دون التجربة، يمكن أن توجِّه العلماءَ الوجهةَ الصحيحة. ومما يؤسف له أنه عندما اكتشفَ النسبيَّةَ العامةَ باستعمال هذه الاستراتيجية نَجَح! وقد أفسدَتْه هذه التجربةُ بقيةَ حياته، عن طريق قطع الصلة السحريَّة بين عقله والكون، وهي الصلة التي تستمدّ عمقها من التجربة فقط. وبالفعل، فإنه لم يخرج بعد النسبية العامة بشيءٍ ذي قيمةٍ تُذكر، بل صار مُنْسلِخاً عن الواقع أكثر فأكثر.

وأينشتاين العجوز هذا هو الذي يُحاول العلماءُ العاملون في الثقالة الكمومية اليومَ محاكاتَه في اعتقادهم العقيم بأنَّ الجمال، لا التجربة، هو الذي سيهديهم الوجهةَ الصحيحة. وإني أرىٰ أنَّ هذا الهَوَس بالتزام الشكليات هو ما يجعل مسارَ أجيال العلماء المشتغلين في هذا الموضوع ينبو عن مقصده. ويبدو أنَّ هؤلاء مولعون ولعاً شديداً بأينشتاين العجوز، غافلين عن أنَّ أينشتاين الشاب نفسه ربما يزدري نسخته الهرمة، وأنَّ الرجل الشابَّ هو ما نحتاج إلىٰ اتباعه إذا كان علينا أن نتَّبع أحداً.

عندما قام جون موفات زيارة نيلس بور Niels Bohr في الخمسينيات من القرن الماضي، بعد أن تراسَل مع أينشتاين حول نظريته الموحَّدة الكبرى، قال له بور: «لقد أصبح أينشتاين كيميائياً.»

ولعلَّ من غير المستغرب أن يكون لنظرية السرعة المتغيِّرة للضوء ما تقوله في الثقالة الكمومية؛ فلا ننسىٰ أنَّها هزَّت أركان الفيزياء من أساسها. ومن المعلوم أنَّ لغز الثقالة الكمومية علىٰ جانبٍ كبيرٍ من الأهمية في الفيزياء، وهو يختلف كثيراً عن نظرية التوسُّع الانفجاري التي لا علاقة لها بالثقالة الكمومية، بل إنَّ أنصار نظرية التوسع حاولوا استنباطها من الثقالة الكمومية وفشلوا في ذلك. وكانوا يأملون أن يكون التوسُّع قد نشأ بطبيعته أثناء الحقبة الكمومية، غير أنَّ أحداً لا يعرف كيف حصل ذلك. بالمقابل فإنَّ نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء تغيِّر حتماً منظورَ تكمية الثقالة. وقد حملني هذا علىٰ استقصاء نماذج أخرىٰ من النظرية، تحمل دلالاتٍ مباشرةً علىٰ نماذج الثقالة الكمومية ونظرية الأوتار.

لا أُريد أن أضيِّع كثيراً في تفاصيل النظريات الحالية للثقالة الكمومية، لكني أُودّ فقط أن أُعطيك فكرةً عن تقلُّباتها الغريبة. إنَّ من أهم طرائق النفاذ إلى الثقالة الكمومية والتوحيد هي نظرية الأوتار التي شهدت في السنوات الفائتة تجديداً على صورة ما يُسَمَّىٰ نظرية M (M-theory). يتألف الكون، وفقاً لأتباع هذه النظرية، من أوتار بدلاً من الجُسَيْمات (وقد تُستبدَل اليوم بالأوتار أغشية

membranes وسواها)، ويُحدَّد طولُ الأوتار عادةً تبعاً لطول پلانك الذي مضت الإشارة إليه، حيث يتعذَّر تمييز الأوتار عن الجُسَيْمات في معظم الأغراض العملية.

ومع ذلك فإنَّ الكون الوتري ـ علىٰ المستوىٰ الأساسي ـ يختلف كثيراً عن الكون الجُسَيْمي. وهناك سببان وجيهان موجبان لتفضيل الأوتار: أولهما أنّا قد نتوقع ظهوراً حتمياً لتكمية الزمكان في كونٍ كهذا. فإذا كانت أصغرُ الأشياء التي تؤلِّف المادةَ ذاتَ حجمٍ غير قابلٍ للتلاشي، اقتضىٰ ذلك أن تصبح المناطقُ التي هي أصغر منها فوق المادية metaphysical في جوهرها بسبب تعذُّر تجزئتها. فلا يُستغرَب، في ضوء هذه التكمية الزمكانية الفاعلة، أن يتلاشىٰ كثيرٌ من الصعوبات التقنية المرتبطة بتكمية الثقالة في كونٍ وتري. وبالفعل فإنَّ نظرية الأوتار تعدُّ مجديةً في تكمية الثقالة.

والسبب الآخر لتفضيل الأوتار يتمثَّل في قدرتها علىٰ توحيد ما يبدو أنه جزيئاتٌ وقوىً مختلفة. فإذا كانت أوتار آلة الگيتار وفقاً لمجموعةٍ منوَّعةٍ من التوافقيات الموسيقية harmonics، كذلك يمكن نقر ما يُسَمَّىٰ (الأوتار الأساسية) وفقاً لسلَّمها الموسيقي. ومع كل نغمة يكتسب الوترُ صفاتٍ مختلفةً، مختزِناً مقادير مختلفةً من الطاقة الاهتزازية. وبعيداً عن الوتر، يتعذَّر علىٰ الراصد تمييزُ الجسم المهتزّ، لكنه يلحظ شيئاً يشبه جُسَيْماً. والكشف المذهل الذي حقَّقه علماءُ الأوتار النظريّون هو أنَّ كلَّ نغمةٍ، بالنسبة إلىٰ الراصد، تقابل نوعاً مختلفاً من الجُسَيْمات.

قد تكون هذه هي خطة التوحيد النهائية! إنَّ جميع الجُسَيْمات والقوىٰ، من فوتونات وگراڤيتونات وإلكترونات وما شابه ذلك، ليست إلا مجرّد أشكالٍ مختلفةٍ لنوعٍ واحدٍ من الأجسام هو الأوتار الأساسية. إنها رؤية جميلة، شأنَ كثير من الجوانب الأخرىٰ لنظرية الأوتار.

وكان لهذا الأمر أن يسير علىٰ ما يرام لولا أنهم لا يخبرونك أبداً أنه مجرّد

(عمل في قيد التنفيذ). والحقيقة أنهم لم يقوموا حتىٰ الآن بتكمية الزمكان أو التقوُّس باطّراد، بل إنهم غير قادرين علىٰ رؤية الزمكان بالطريقة النسبية نفسها التي رآها أينشتاين: فالأوتار توجد علىٰ فضاءٍ ثابت الخلفية، يشبه كونَ نيوتن المنضبط. وثمّة وجه قصورٍ كبير آخر يتمثّل في السلَّم الموسيقي لأنصار نظرية الأوتار. فموسيقاهم قد تكون أعذب إيقاعٍ سماويّ، لكنها لا تمتّ إلىٰ عالَم الواقع بصلة، وأخَفُّ جُسَيْماتها (علىٰ غرار الفوتون والگرافيتون والجُسَيْمات الأخرىٰ العديمة الكتلة) يُتوقَّع أن تكون أخفَّ مليارات مليارات المرات من الإلكترون. وهكذا يبقى التوحيد العظيم للأوتار string grand unification مجرَّد تمنّيات.

لكنَّ المشكلات «الوترية» لا تنتهي هاهنا؛ ففي الثمانينيات من القرن الماضي لم تكن نظريةُ الأوتار تعمل إلا في كونٍ ذي ستةٍ وعشرين بُعداً، ثم حدث تغيُّرٌ فبدأت تعمل في عشرة أبعادٍ، وبُعدَيْن، بل وفي بُعدَين دون الصفر! أما اليوم فهي تعمل في أحد عشر بُعداً. ومع ذلك فإنَّ علماء الأوتار النظريّين مطمئنون؛ فكلما تجرَّأ أحدٌ علىٰ طرحِ نظريةً تعمل في ثلاثة أبعادٍ مكانيَّة وآخر زمانيّ استبعدوها باعتبارها خاطئةً خطأً واضحاً.

وهذا سيِّئ بالطبع، وأسوأ منه، فيما أرىٰ، وجود آلافٍ من نظريات الأوتار والأغشية المُحْتَمَلَة في ثنايا التفصيلات الدقيقة. وحتىٰ لو افترضنا أن أحداً اكتشف بالفعل نظريةً قادرةً علىٰ تفسير الكون كما نراه، بجُسَيْماته كلِّها موجودةً في أبعادٍ أربعة، لبَرَزَ مَنْ قد يتساءل: لماذا تلك النظرية بالذات لا غيرها من الأخريات؟ وكما قال آندي آلبرخت مرةً بغضب: إنَّ نظرية الأوتار ليست نظرية كلِّ شيء، بل هي نظريةُ أيِّ شيء.

يُعارَض هذا النقدُ اليومَ بملاحظة أنَّ جميع نظريات الأوتار والأغشية هذه غدت في السنوات الماضية موحَّدةً في كيانٍ وحيد سمّي نظرية M. ويُعبِّر أنصار نظرية M عن ذلك بحماسٍ ديني غالباً ما لا يُتَنَبَّه معه إلىٰ عدم وجود نظريةٍ تدعىٰ

نظرية M؛ إذ إنَّ هذه التسمية ما هي إلا تعبيرٌ يشير إلىٰ نظريةٍ افتراضيةٍ لا يعرف أحدٌ تركيبها. وإمعاناً في الغموض، فقد أحجم صاحبُ المذهب الذي صاغ هذا التعبير عن تفسير ما يرمز إليه بالحرف M، حتىٰ أضحت هذه المسألةُ الهامة مثار مناقشة الباحثين النظريِّين من أنصار هذه النظرية: ماذا يُقصَد بالحرف M يا تُرىٰ؟ هل المقصود به «أُم mother؟» أَم «غشاء membrance؟» يبدو لي أنَّ «جَلْد عميرة masturbation» هو أنسب ما تعنيه M في هذا المقام.

ولستُ أرىٰ سبباً يحمل كثيراً من العلماء الشباب علىٰ الانقياد للجاذبية المفترَضة لنظرية M، إذ لم يَجْنِ أنصارُ الأوتار شيئاً من نظريةٍ لا وجودَ لها أصلاً، وهم مدّعون في مزاعمهم أنها تتَّسم بالجمال، في حين أنّا واثقون من أنَّ وجودنا في كونٍ أنيقٍ إنما يرجع إلىٰ الأوتار. أما أنا شخصياً، فلستُ أرىٰ فيها ما يكفي من الجاذبية الجمالية، وأعتقد أنَّ الوقت قد حان لإظهار أنَّ المَلِكَ القادم عبر «الطريق الوتريَّة» مرتدياً أثواب M البهيّة، هو في واقع الأمر مجرَّدٌ من الثياب(*).

مع كل ذلك لا بُدَّ من الإقرار بأني لستُ بعيداً عن التأثُّر بجمال نظرية الأوتار من الناحية الرياضية، حتىٰ إني في صيف سنة 1990، وقبل أن أصرف اهتمامي إلىٰ علم الكون، بدأتُ التحضير لدرجة الدكتوراه في موضوع نظرية الأوتار، ولكن سرعان ما أحبطني الغيابُ الكامل لأيِّ أملٍ في الاحتكاك بالتجربة العملية. كلُّ ما رأيتُه عُصْبَةٌ من الرياضيِّين المزيَّفين المستهتَرين يتراشقون لغةَ رطانةٍ ماسونية، في محاولةٍ لإخفاء قلَّة بضاعتهم العلمية. وهذا ما جعلني أتحوَّل عن نظرية الأوتار إلىٰ علم الكون، غير آسفٍ علىٰ اتخاذ هذه الخطوة الحكيمة. لذلك كان من عجيب المفارقات أن أجد نفسي، بعد عشر سنوات، مرتبطاً بالأوتار من جديد.

(*) كذلك تصوَّرْ كوناً مملوءاً بالأوتار بدلاً من الجُسَيْمات: كيف يمكن اعتبارُ الكونِ الذي تعمُّه خيوطٌ كونيّةٌ (أشبه بشعر العانة) أكثر جمالاً؟

وأذكر أنَّ مَنْ أحدثَ هذه النقلةَ في حياتي هو ستيفُن ألكسندر Stephon Alexander، الذي أصبح باحثاً في دراسات ما بعد الدكتوراه في كلية إمپريال خريفَ سنة 2000, لم يكن ستيفُن كغيره من علماء الأوتار النظريّين؛ بل شخصيةً منفتحة الذهن، نيِّرةَ الرؤىٰ، جمَّة النشاط.

وُلد ستيفن في موروگا ـ ترينيداد Moroga-Trinidad، وانتقل مع أُسرته إلىٰ الولايات المتحدة عندما كان في السابعة من عمره، وكانت نشأتُه معظمها في البرونكس Bronx [في مدينة نيويورك]، في وقتٍ كان فيه كثيرٌ من الناس يسعون إلىٰ إحداث تغييراتٍ في أشدّ المناطق فقراً، فكانت تُخَصِّص للأطفال الأذكياء برامجُ تعليميةٌ خاصةٌ يتصدّىٰ للاضطلاع بها معلِّمون أكفاء. وقد استفاد ستيفُن من ذلك أيما فائدة، وبعد تخرُّجه في مدرسة دو ويت كلِنْتون العليا De Witt Clinton High School عُرضت عليه منحٌ دراسية من عددٍ من جامعات «عصبة اللبلاب»[*] (آيڤي ليگ) Ivy League. ومع أنه عازف جاز موهوب على آلة الساكسوفون، فقد اختار لنفسه التخصُّص في مجال الفيزياء، فنال الدرجةَ الجامعيةَ في هاڤرفورد Haverford في پنسلڤانيا، ثم درجةَ الدكتوراه في الفيزياء من جامعة براون Brown، حيث كان المشرف علىٰ أطروحته البحثية عالِم الكونيات روبرت برادنبيرگر Robert Bradenberger وهو صديقٌ قديمٌ لي. إلا أنَّ ستيفُن سرعان ما تحوَّل إلىٰ دراسة نظرية الأوتار، وراح يتقصّىٰ كلَّ ما كُتِبَ فيها بنهمٍ شديد.

وعندما كان طالب دكتوراه، بدأ ستيفُن خطّاً جديداً مثيراً من البحوث غايتُه

(*) عصبة اللبلاب: اسم يُطلق علىٰ مجموعةٍ من ثماني جامعات في الجزء الشمالي من الولايات المتحدة الأمريكية، تنتظم جامعات: هارڤرد وكولومبيا وپرنستون وپنسلڤانيا وييْل وكورنيل وبراون ودارتموث، وكلُّها معتبَرٌ من أبرز المؤسسات التربوية الأمريكية وأرفعها مكانة. وقد دُعيتْ هذه المجموعةُ بهذا الاسم بسببٍ من عضويتها في «عصبة اللبلاب»، وهي مؤسسةٌ رياضية أُنشِئَت سنة 1956 لتنظيم مباريات كرة القدم وغيرها بين مختلف الجامعات الأمريكية. وربما كان في التسمية إشارة إلىٰ الأبنية العريقة لتلك الجامعات يعترشها نبات اللبلاب. (المعرِّب)



ستيفُن ألكسندر Stephon Alexander.

إظهار إمكان ارتباط نظرية السرعة المتغيِّرة للضوءu1 بنظرية M. وقبل أن يتسنّىٰ له الوقت لكتابة بحثه هذا، حدثَ أن نشَرَ الباحث إلياس كيريتسيس Elias Kiritsis، الذي يعمل مستقلاً في جزيرة كريت، الفكرةَ نفسها. (وهذا من العثرات المؤسفة التي يواجهها طلابُ الدراسات العليا الذين يعملون في مجالاتٍ فيزيائيةٍ تحظىٰ بإقبالٍ واسعٍ من الطلبة). ولكن من يُمن الطالع أن كان عمل ستيفُن مختلفاً بدرجةٍ كافية (رفيعاً في بعض الوجوه وقاصراً في بعضها الآخر)، حيث تمكّن من نشره.

كانت فكرتهما بسيطةً جداً. وقد ذكرتُ آنفاً أنَّ نظرية M لا تقتصر علىٰ أوتارٍ strings بقياس پلانك (وهي أجسام خطّية أو أحاديّة البعد)، بل تتناول أيضاً أغشية membranes (وهي أجسام مستوية ثنائية البُعد). والواقع أنك حالما تدرك أنَّ نظرية M تؤْثِر الوجود في أحد عشر بُعداً، يتَّضح لك إمكان وجود شتىٰ ضروب الأجسام ذات الأبعاد الأعلىٰ عدداً (وتُسَمَّىٰ بلغة نظرية M أغشية p-branes.

غير أنَّ الزمكان الذي نراه، رباعيُّ الأبعاد. ونحن نعرف منذ كالوزا وكلاين أنَّ من الممكن التوفيق بين هاتين العبارتين بطيّ الأبعاد الإضافية على شكل دوائر ذات أنصاف أقطارٍ صغيرةٍ جداً حتى تتعذَّر رؤيتها. لكن من المُحتمل كذلك أنّا نحيا على غشاءٍ ثلاثي الأبعاد عظيم، بل لا نهائيٍّ يُضاف إليه بُعدٌ زماني. إنَّ علم الكون الذي يعتمد على ما يُطلقُ عليه اسم «كون الأغشية brane-world» لا يتطلَّب أن تكون الأبعادُ الإضافيةُ صغيرةً، بل تتطلَّب فقط أن نكون ـ بطريقةٍ أو بأخرى ـ داخل هذا الغشاء الثلاثي الأبعاد الذي يسبح في فضاءٍ ذي أحد عشر بُعداً. ولا بدَّ بالطبع أن نفسِّر لماذا يتعذَّر على المادة الانفصال عن الغشاء، وإلا فلسوف نتسرَّب إلى الأبعاد الإضافية. غير أنَّ عدداً من المذاهب يُقيِّد نوعَ المادة التي نتألَّف نحن منها إلى غشاءٍ ثلاثي الأبعاد.

وقد درسَ كيريتسيس وستيفُن الحياةَ على واحدٍ من الأغشية الثلاثية الأبعاد، الذي اتفق أنه يتحرَّك على مقربةٍ من ثقبٍ أسود. وافترضا أنَّ سرعةَ الضوء في جملة الفضاء ذي الأبعاد الأحد عشر هي مقدارٌ ثابت. لكنهما عندما بحثا في حركة الضوء «الحبيس» في الغشاء الثلاثي الأبعاد، وجدا تفاوتاً في سرعته! والحقيقة أنهما قدَّرا أنَّ سرعةَ الضوء كما تُرى على الغشاء تتعلَّق ببعده عن الثقب الأسود ليس إلا، وأنَّ من الممكن إدراك تفاوتٍ في سرعة الضوء مع اقتراب الغشاء من الثقب. وبهذه الطريقة نتفادى حدوث أيِّ تعارضٍ مع النسبيّة، لأنَّ سرعةَ الضوء الأساسيةَ ذاتَ الأحد عشر بُعداً تبقى ثابتة، غير أنَّها تولِّد تفاوتاً في سرعة الضوء إذا كان كلُّ ما تعرفه عن الكون هو الغشاء الثلاثي الأبعاد، الذي نسمّيه universe.

كانت تلك البحوث بالنسبة إليَّ نفحةً من الماضي، أعادتني إلى حيث بدأتُ في شهر كانون الثاني/ يناير 1997 عندما كنتُ أتبادل الحديثَ في الحان مع كيم. وكنتُ قد قلَّبتُ آراء كالوزا ـ كلاين قبل أن أنتقل إلى فكراتٍ أخرى، وهاهم الباحثون في نظرية الأوتار اليوم يقلِّبون النمطَ نفسه من النظريات. ومع أني لا أُحبُّ الجوانبَ المبتدَعة في نظرية الأوتار، فإني لستُ متزمِّتاً تجاهها.

لذلك أسعدني كثيراً أن أبدأ العمل مع ستيفُن علىٰ تطبيقاتٍ محتملةٍ لنظرية السرعة المتغيِّرة للضوء في نظرية M.

وفي شهر تشرين الأول/ أكتوبر 2000 انتقل ستيفُن إلىٰ كلية إمپريال، وسرعان ما مَتُنَتْ عُرىٰ صداقتنا، ووجَدَ له مسكناً جديداً في نوتِنگ هِل، فاندمج على الفور بالجالية الكاريبية العريضة هناك. وبرغم كل عمليات التغيير والتجديد لمصلحة الطبقة الارستقراطية، تبقى نوتِنگ هِل مكاناً رائعاً للمقام فيه، والسبب بسيط وواضح.

ففي سنة 1944، وفي محاولةٍ أخيرةٍ يائسةٍ لثلم معنويات الإنگليز، أقدمَ الجيشُ الألمانيُّ علىٰ قصف لندن بأولىٰ القذائف الناجحة من طراز V1 وV2، وكانت النتائجُ مدمِّرةً، بل وأكثر تدميراً مما استطاعت القاذفاتُ التقليدية تحقيقَه آنذاك؛ فقد دُكَّت مجمَّعاتٌ وأبيدت عن بكرة أبيها، ولحقَ خرابٌ كبيرٌ بالأجزاء التاريخية العريقة من مدينة لندن بخاصَّة.

وبعد انتهاء الحرب، والبلاد مازالت ممزَّقة الاوصال، لم يفكر أحدٌ من الناس ـ اللهم إلا قلَّة قليلة ـ بإعادة بناء المجمَّعات المهدَّمة بتمامها بالأسلوب المعماري التقليدي المجصَّص المميِّز لمدينة لندن القديمة. ربما كان بالإمكان توفير أموالٍ تكفي لترميم منزلٍ هنا ومنزلٍ هناك؛ أما المناطق التي حاقَ بها الدمارُ على نطاقٍ واسع بفعل قذائف V1 وV2 فبدت ركاماً من كتلٍ إسمنتيةٍ لا سبيل إلىٰ إصلاحها. إنَّ جولةً صغيرةً في وسط مدينة لندن اليوم كافيةٌ لتُظهر لك المواقعَ حيث أصابت القذائفُ أهدافَها.

ومن المفارقات أنَّ أدولف هتلر Adolff Hitler لم يكن مدركاً تماماً للخدمة الجلّى التي كان يسديها للديمقراطية؛ ففي حقبة الخمسينيّات والستينيّات من القرن الماضي، ومع انطلاقة دولة الرفاهة(*) البريطانية، تحوَّل ذلك الركام

(*) دولة الرفاهة welfare state: نظام اجتماعي تكون الدولة، بموجبه، مسؤولةً عن رفاهة مواطنيها الفردية والاجتماعية، من طريق توفير التعليم والعمل والرعاية الصحية وغيرها. (المعرِّب)

المخيف إلى مناطق سكنية ومنازل بأجورٍ منخفضة للمتضرّرين. وكان ذلك الإجراء خطوةً لمحاربة أُسلوب جمع الأقليّات في مكانٍ واحد، وتأكيداً علىٰ أنَّ أماكن من مثل نوتنگ هِل تضمُّ بالفعل مزيجاً من الأغنياء والفقراء على حدٍّ سواء، وأصبح الأغنياء على احتكاكٍ بالفقراء من الجاليات الكاريبية والأيرلندية والمراكشية والپرتگالية(*).

استصحبتُ ستيفُن مرةً إلىٰ ملهىً ليليٍّ كاريبيٍّ يدعىٰ «الكرة the Globe» لأكتشف بعد أُسبوعٍ أنَّ صاحبي يفوقني درجاتٍ معرفةً بمرابع اللهو وعلب الليل. في ذلك المكان تماماً كنّا ـ ستيفُن وأنا ـ نجري مناقشاتِنا حول إسهامات نظرية M في نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء. وكانت كليّة إمپريال في هذه المرحلة قد أثقلت كاهلي بشتىٰ ضروب التوافه، فكنتُ أتفلَّتُ منها بقدر ما أستطيع. وبالمقابل وجدنا في جوّ ملهىٰ «الكرة» أنسبَ مكانٍ لممارسة رؤانا، وكانت تلك مرحلةً علميةً أُصيب فيها عملي بما يمكن أن أُسمِّيَه «دُوار المرتفعات altitude sickness».

توالت الشهور، وصار ستيفُن يُعرَف في الملهىٰ بكنية «الأستاذ»، وكثيراً ما كان يشاركنا في أحاديثنا الجانبية مَنْ يدعونه «النسر»، وهو رجلٌ موهوبٌ من جامايكا Jamaica، كان مستعدّاً دوماً لمساعدتنا. وفي مثل هذا الوسط والمزاج يكون التفكُّر أو الحَدْس مفيداً وضارّاً في آنٍ معاً؛ إنه أحياناً أشبه بحلم: فكلُّ الأمور تسير علىٰ ما يرام وأنت نائم، ولكنك تدرك حالما تستفيق أن كلَّ ما كنتَ تفكِّر فيه ـ إن ذكرتَ منه شيئاً ـ ما هو إلا هراء لا جدوىٰ منه في الأغلب الأعم. ولعلّ أبقارَ أينشتاين بحدِّ ذاتها حدثٌ استثنائي نادر ينبو عن القاعدة.

(*) إنَّ الفيلم المشهور المعروف باسم «نوتينگ هِل Notting Hill»، الذي جرىٰ تصويره في منطقةٍ مجاورةٍ لنا، كان يحتاج إلىٰ تهذيب جذري: فقد نجحَ مشهدٌ فيه مصوَّرٌ في شارع پورتوبللو Portobello Road في عدم إظهار حتىٰ شخصٍ واحدٍ من السود. وقدَّرَ ذهني الرياضيُّ احتماليةَ أن يكون ذلك قد حدث «اتفاقاً»، لكن الاحتمالات هنا ليست منخفضةً جداً كاحتمال أن يكون الكونُ مسطَّحاً بطريق المصادفة.

وبالمثل، فقد بدأنا ـ ستيفُن وأنا ـ بداياتٍ كثيرةً خاطئة، لكن هذه المرحلة كانت ملأىٰ بالمتعة والفائدة، وكما قال ستيفُن: ليس في وسع المرء أن يستعجل الإبداع.

وحدث يوماً أن قادتنا أفكارُنا إلىٰ شيءٍ ملموس، إذا بدا ستيفُن مهتماً بالربط بين نظرية M وما يدعىٰ بالهندسة اللاتبادليّة noncommutative geometry، وهي شكلٌ من الهندسة يظهر فيه الزمكان «ذرِّيّاً» atomized. فانغمسنا في دراسة حركة «الفوتونات» في فضاءاتٍ من هذا القبيل وانتهينا إلىٰ نتيجةٍ مدهشة مفادها أنَّ الضوء الذي يزيد طولُ موجته كثيراً علىٰ مقاس حبيبات الفضاء لا يُحتمل أن يتعرَّض لظواهر غير اعتيادية. أما في حالة التردُّدات العالية جداً (أي الأطوال الموجيّة الصغيرة جدّاً) فإنَّ الضوء لا يوجد علىٰ صورة طيفٍ متَّصل continuum بل إنه يقفز فوق الفجوات، فيُحدِث ذلك زيادةً في سرعته يتزايد معها التردُّد. ثم وجدنا أنَّ سرعةَ الضوء في الفضاءات اللاتبادلية تعتمد علىٰ اللون وتتعاظم عند التردُّدات العالية جداً. وهكذا قاربنا تطبيقاً آخر لنظرية السرعة المتغيِّرة للضوء.

كانت فكرتنا إذن تتمثَّل في التحقُّق، بطريقة غير مباشرة، من علم الكون القائم علىٰ تغيُّر سرعة الضوء. وتوخَّينا في نموذجنا ألا نجعل سرعةَ الضوء منوطةً بالزمن كما في النموذج الذي اقترحتُه مع آندي من قبل، بل استعنّا بالانفجار العظيم الحارّ Hot Big Bang نفسِه لإحداث تبدُّلاتٍ في سرعة الضوء c وإذا رجعنا زمنياً باتجاه لحظة ولادة الكون، وجدنا أنَّ البلازما الكونيّة قد تنامت حرارتها أكثر فأكثر، وهذا يعني أنَّ طاقات الفوتون المتوسط، أو تردُّداته، قد ارتفعت أيضاً. وواصلت الارتفاع إلىٰ حدٍّ أتاح حدوثَ ظاهرة الاعتماد علىٰ التردُّد في سرعة الضوء. ثم استحالت البلازما الأعلىٰ حرارةً إلىٰ سرعةٍ ضوئيةٍ محيطةٍ أكبر في الكون. وهكذا خلصنا إلىٰ سرعةٍ متغيِّرةٍ للضوء في بدايات الكون، لا لأنَّ الكون كان فتيّاً، بل لأنه كان حارّاً.

تلا ذلك مرحلةٌ غريبةٌ اتَّسمت باختلافٍ في الرأي بيني وبين ستيفُن، ومضينا في اتجاهَيْن متعاكسَيْن، إذ أراد ستيفُن ربط عملنا بدرجةٍ أوثق بتعقيدات نظرية M، لكني كنتُ مدركاً أنَّ ذلك يُبعدنا عن دائرة الأرصاد، فحاولتُ أن أجعل نموذجنا أكثر «واقعية» وقادراً علىٰ استنباط تنبُّؤاتٍ كونيَّةٍ ورصدية. وقد فرضَ هذا عليَّ إدخال افتراضاتٍ اعتباطيَّة أفسدت لدىٰ ستيفُن إحساسَه الجماليَّ «الوتريّ». وفي إطار خلافنا كنتُ وستيفُن نجتاز مأساةً مشتركة، فلم يكن ثمة أحدٌ علىٰ درايةٍ بعلم الكون الكمومي quantum cosmology، أي مؤالفة الثقالة الكمومية مع علم الكون وخلق تآثرٍ فيما بينهما.

وتوصَّلنا إلىٰ نتيجةٍ نهائيةٍ خيرُ ما توصَف به أنها هجينٌ بين الحصان والفيل ـ لا هي من الأسماك ولا هي من الطير ـ بل ربما بغلٌ ذو خرطوم. ولا عجب أنّا تلقَّينا ردودَ أفعالٍ مختلطةً من علماء أوتارٍ نظريِّين وعلماء في الكونيات كذلك. وبالطبع لم نعِرْ ذلك اهتماماً أو أُذناً صاغية؛ فتلك البحوثُ الحمقاء ستبقىٰ مرتبطةً ببيئة ملهىٰ «الكرة» ومزايا دُوار المرتفعات. غير أني تعلَّمتُ درساً مهمّاً هو أنك إذا أدَّيتَ دَوْرَ هيئة الأمم المتحدة [التوفيقي] تعرَّضتَ لإطلاق النار عليك من الجهتين كلتيهما. إنها علاقة تنافرٍ متأصِّلةٌ بين علم الكون والثقالة الكمومية؛ فهل سيلتقيان يا تُرىٰ في يومٍ من الأيام؟

وقد وصفَ أندريه ليندَه Andrei Linde هذه العلاقةَ الشائكةَ بين علم الكون والثقالة الكمومية باستعارةٍ مجازية ترتكز على حدثٍ واقعي: ففي أيام الكتلة السوڤييتية رُسِمت خططٌ لإنشاء خطّ قطار أنفاق يربط بين منطقتين في عاصمةٍ كبرىٰ بأوروبا الشرقية. وبدأ العمل فعلاً، وشُقَّت الأنفاقُ من كلا الجانبين. وفي غمرة العمل تبيَّن أنَّ عمليات المسح العلمي التي أُجريت قبل المشروع في التنفيذ كانت غير صحيحة، وأنَّ ليس ثمة ما يضمن التقاء النفقَيْن!

لكن الدهاء وسعة الحيلة كانتا سمتَيْن مميِّزتَيْن للحقبة السوڤييتية، فسرعان ما أُعطي الضوءُ الأخضر لاستئناف العمل. وكانت المحاكمةُ العقليةُ المنطقية



لي سمولين Lee Smolin.

وراء هذا القرار بسيطة: فإذا اتفق أن التقىٰ النفقان خرجنا بخطٍّ واحد كما كان مرسوماً في المخطط أصلاً؛ وإذا لم يلتقيا كانت تلك فرصةً للحصول علىٰ خطَّيْن اثنين بدلاً من الخطّ الواحد.

كذلك هو شعورنا فيما يتَّصل بعلم الكون والثقالة الكمومية؛ فلا شك في أنّا نحرز تقدُّماً من كلا الطرفين، ومع ذلك فقد تقع أحياناً.. أسوأ العواقب.

ولئن كنتُ عابثاً سطحيّاً في جانب، فإني بالتأكيد لم أغفل الجوانبَ الأخرى؛ فلعلَّ أوثق حلقة وصلٍ بين نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء ونظريات الثقالة الكمومية كانت ثمرةَ تعاوني مع أحد أصحاب نظرية الثقالة الكمومية الحلقية loop quantum gravity، واسمه لي سمولين Lee Smolin.

انتقل (لي) إلى كلية إمپريال في خريف سنة 1999 كأستاذٍ زائر، مصطحباً بطانةً كبيرة من الباحثين المتقدِّمين والطلاب. وعندما كان في لندن كان يعيش حياةً مستقلَّة، يُنجز معظم أعماله في المقاهي ونادراً ما كان يُرىٰ في مكتبه (وهو بمحض المصادفة ذات المكتب الصغير الذي شهد قبل بضع سنواتٍ الليالي

الطويلة التي أفضت إلىٰ صوغ نظرية VSL. ولهذا السبب لم نلتقِ منذ نحو سنة.

لم يكن (لي) بادئ الأمر على علم بنظرية السرعة المتغيِّرة للضوء وانتهىٰ عملُنا معاً بفعل عاملٍ خارجي محضٍ. ولا بدَّ أن أقول إني وستيفُن لم نكن السابقين في طرح فكرة سرعة الضوء المعتمدة علىٰ اللون (مع أنّا بالتأكيد من أوائل مَن أنشأ نموذجاً كونياً علىٰ أساسها)، بل راودت آخرين فكرةُ سرعة الضوء المعتمدة علىٰ الطاقة في عددٍ من نظريات الثقالة الكمومية المختلفة، أذكر منهم: جيوڤاني أميلينو ـ كاميليا Giovanni Amelino-Camelia في إيطاليا، وكوالسكي ـ گيلكمان Kowalski-Gilkman وآخرين في پولندا، ونيكوس ماڤروماتوس Nikos Mavromatos وسوبير ساركر Subir Sarkar وغيرهما كثيرين في إنگلترا.

أولئك، ولا سيما جيوڤاني، هم الذين غرسوا مفهوم السرعة المتغيِّرة للضوء في ذهن (لي). وكان حافزه الأول استشراف آثار السرعة المتغيِّرة للضوء في وضع نظريات الثقالة الكمومية علىٰ مسرح التجربة في السنوات القليلة التالية. وخلافاً لمعظم علماء الثقالة الكمومية الآخرين، لم يكن (لي) يؤمن بأن نظرياته ستنجح فقط لأنها «أنيقة»، بل أراد أن تتشبَّع الثقالةُ الكموميةُ بفيضٍ غامرٍ من التجربة قبل أن يترك للطبيعة الحكم بنفسها؛ وكان يتفاءل كثيراً عندما يسمع من أحدٍ أنَّ الثقالة الكمومية قد توشك أن تصبح قابلةً للاختبار. وهكذا باشرنا العمل معاً.

ارتكز عملنا علىٰ فرضيةٍ بسيطةٍ جداً تنطلق من علمنا أنَّ الثقالة الكمومية تتنبَّأ بظواهر أو أرصاد جديدة. لكنّا هذه المرة، وخلافاً لكلِّ التوَّجهات في هذا الميدان، افترضنا ـ تواضعاً ـ عدم إمكان سبر هذه الآثار بالتكنولوجيا الحالية. ولم نكن نعرف إلا أمراً واحداً علىٰ وجه اليقين، وهو أنه لم تلاحَظ آثارٌ للثقالة الكمومية عند حدود الطاقات المنخفضة التي يُتوصَّل إليها حالياً بوساطة المسرِّعات accelerators أو عند سلَّم الزمكان الكبير الذي يمكن أن تسبر

مجسّاتُنا فيه تقوُّساً، علماً أنَّ الثقالة التقليدية (أي النسبية العامة) هي علىٰ الأقل أقرب تقديرٍ تقريبيٍّ للكون الحقيقي.

ولهذا كان افتراضُنا الوحيد وجودَ عتبة، أي حدٍّ تصبح الآثارُ الجديدةُ (التي تتعلق بنظرية الثقالة الكمومية النهائية) بعده ملحوظةً، وتحته مهملَة. تدل على هذه العتبة طاقةٌ تسمى پلانك Planck energy (Ep)، ولا تتحقَّق النتائجُ الجديدة إلا فوق Ep. وبالمثل يجب أن يتوفَّر طولٌ يدعىٰ طول پلانك Planck length (Lp) يُشير إلىٰ مقدار التكبير الذي يحتاج إليه مجهرُ الثقالة الكمومية قبل أن يصبح قادراً علىٰ معاينة الطبيعة المفكَّكة للفضاء والتقوُّس. وأخيراً يشير ما يسمَّىٰ بزمان پلانك Planck time (tp) إلى مدىٰ قصر أجل هذه النتائج الجديدة.

والحقيقة أنّا لم نكن ـ لي وأنا ـ بحاجةٍ حتىٰ إلىٰ معرفة قيم Ep أو Lp أو tp. كلُّ ما كان يلزمنا وجود عتبةٍ تكون الحياةُ علىٰ أحد جانبيها هي الحياة المعتادة تقريباً، ولكن علىٰ جانبها الآخر ندخلُ عالَماً جديداً غير معروفٍ لنا من قبل، تغدو فيه الثقالة كموميةً، وتتَّحد قوىٰ الطبيعة وجُسَيْماتُها كافة.

وهذا منطقي تماماً؛ فالنسبية العامة تتحوَّل إلىٰ ثقالةٍ نيوتنيَّة Newtonian gravity حيثما لم تكن قوةُ الثقالة طاغيةً جداً. وبالمثل، مهما كانت طبيعةُ الثقالة الكمومية فلا بُدَّ أن تبدأ بالتأكيد من جديد علىٰ ما قيل سابقاً من أنها يجب أن تصبح غيرَ متميِّزةٍ عن النظريات السائدة في أول تقريب، وألا تتنبَّأ بالآثار الجديدة الكبيرة إلا في الأحوال الاستثنائية: مثلاً عند الطاقات العالية جداً، أو للمسافات والأزمنة القصيرة جداً.

إلا أنّا لاحظنا فيما بعدُ تناقضاً صارخاً. لنفترض أنَّ مزارعاً يرىٰ بقرةً ترعىٰ في الحقول. إنَّ البقرة أكبر بكثير من Lp، ويمكن أن يكون المزارعُ مطمئناً لعلمه أنَّ بقرته غير متأثرة بتعقيدات الثقالة الكمومية. أما الآن فتنطلق [البقرةُ المتميِّزة] كورنيليا مندفعةً كعادتها بسرعةٍ تداني سرعةَ الضوء. وبالمقابل ترىٰ كورنيليا البقرةَ التي ترعى وهي تتحرك بسرعةٍ كبيرةٍ بالنسبة إليها، فتراها متقلِّصةً

في اتجاه الحركة وفقاً لتنبُّؤات النسبية الخاصة. وإذا كانت كورنيليا تنطلق بسرعةٍ كافية، فقد ترىٰ البقرةَ التي ترعىٰ وقد تقلَّصت إلىٰ طولٍ أصغر من Lp، فتستنتج أنها مصابةٌ بحمّىٰ الثقالة الكمومية، ولن تدهَش كورنيليا لو أنها رأت تلك البقرةَ وقد بدأت الرقص أو القيام بأيِّ حركاتٍ أخرىٰ قد تحملها الثقالةُ الكموميةُ علىٰ فعلها.

لكن لمّا كانت البقرةُ السارحةُ كياناً فريداً، فإنَّ كلَّ ما تفعله يجب أن يتنبَّأ به الجميعُ وفقاً للنظرية نفسها. وبالفعل، فإنَّ ضرورة استعمال جميع الراصدين للنظرية نفسها هو أدنىٰ متطلَّبات التوحيد؛ فلا يمكن أن تكون ثمة حالةٌ يحتاج فيها الفلاّحُ وكورنيليا معاً إلىٰ استعمال نظرياتٍ مختلفةٍ لوصف كائنٍ واحد، فذلك ليس فقط إهانةً للتوحيد، بل إنه لا يستقيم مع مبدأ النسبيّة. وإذا كانت الحركةُ نسبيَّةً حقاً لتعيَّن ألاّ تدرك كورنيليا أنها تتحرك وأنْ الفلاحَ لا يتحرَّك.

ومرةً أخرىٰ نجد أن كورنيليا والفلاح علىٰ طرفَيْ نقيض، فهما هنا متعارضان علىٰ الحدّ الفاصل بين الثقالة التقليدية والثقالة الكمومية.

ونجد مفارقاتٍ مماثلةً بقطع النظر عن تعيين العتبة بين الثقالة التقليدية والكمومية بطول پلانك أو بطاقة پلانك أو بزمان پلانك. فإذا استعملتَ مثلاً لغةَ الطاقات لوجدتَ أن المسألة صحيحةٌ في أشهر العلاقات في علم الفيزياء وهي $E=mc^2$ ونحن نعلم أنَّ للجُسَيْمات المتحرِّكة كتلاً عليا، وهذا هو السبب في تعذُّر تسريع أيِّ شيء فوق سرعة الضوء. لذلك يرىٰ الفلاحُ في إلكترونٍ مستقرٍّ جُسَيْماً جيّد السلوك، لأنَّ طاقَتَه أصغر بكثيرٍ من Ep؛ ومع ذلك فإنَّ كورنيليا تعزو طاقةً أكبر بكثيرٍ إلىٰ الإلكترون لأنها تراه في حالة حركةٍ بالنسبة إليها، وأكبر كتلةً. بعد ذلك تستعمل كورنيليا العلاقة: $E=mc^2$ لتنتهي إلىٰ أنَّ هذه الكتلة الكبيرة تستحيل إلىٰ طاقةٍ كبيرة؛ وإذا تحرَّكت كورنيليا بسرعةٍ كافية، فقد ترىٰ الإلكترونَ بطاقةٍ أكبر من Ep فتستنتج أنَّ الإلكترون محكومٌ بالآثار التثاقلية الكمومية. وتكتشف من جديد وجود تناقض.

تدارسنا ـ لي وأنا ـ هذه المفارقات بإسهاب علىٰ مدىٰ شهورٍ كثيرة بدأت في شهر كانون الثاني/ يناير 2001. وكنّا نجتمع لهذا الغرض في مقاهي ساوث كِنْزِنْگتن South Kensington أو حديقةِ هولَنْد پارك Holland Park. وكان من الواضح أنَّ النسبيَّة الخاصة هي أساس الآفة؛ فجميع هذه المفارقات نشأت عن آثارٍ معروفةٍ من مثل تقلُّص الطول أو تمدُّد الزمن أو العلاقة $E=mc^2$، وجميعها تنبُّؤاتٌ للنسبية الخاصَّة تنْكِر إمكان تعيين حدودٍ واضحة المعالم، متاحةٍ للراصدين كافة، وقادرةٍ علىٰ استيعاب الآثار التثاقلية الكمومية الجديدة. وبدت الثقالةُ الكموميةُ وكأنها تفتقر إلىٰ حدود، فآثارها تنزع إلىٰ الانتشار في شتىٰ أرجاء المكان؛ وما السبب إلا النسبية الخاصة.

كانت الآثار حتمية: فلكي يكون بإمكاننا تقديم نظريةٍ متماسكةٍ في الثقالة الكمومية مهما كانت طبيعتها، كان يلزمنا أولاً التخلّي عن النسبية الخاصَّة. ولاحظنا أنَّ كثيراً من التناقضات المعروفة في نظريات الثقالة الكمومية المقترحة ربما تكون ناشئةً أيضاً عن الاعتماد المفرط للنسبية الخاصَّة. لذلك رأينا أنه قبل الإقدام علىٰ أيِّ شيءٍ مهم ينبغي أن يُستبدَل بالنسبية الخاصَّة شيءٌ آخر يجعل أيّاً منEp وLp وtp الأمرَ نفسه للراصدين جميعاً؛ فلا يمكن لشيءٍ أكبر من Lp أن يتقلَّص بفعل الحركة إلىٰ شيءٍ أصغر من Lp. وربما تبدو الجُسَيْماتُ أكبرَ كتلةً عندما تكون في حالة حركة، أما إذا كانت طاقتُها وهي في حالة السكون أصغر من Ep بقيت الطاقةُ علىٰ حالها مهما كانت سرعةُ حركة الجسيمات. وعند Ep (أو Lp) لا بُدَّ أن تتوقَّف آثارُ النسبية الخاصَّة، وأن تكون هذه الكمياتُ مطلقةً بالفعل. تلك هي متطلَّباتنا.

وتمثَّل الجزءُ الصعب في إيجاد نظريةٍ جديدةٍ قادرةٍ علىٰ الوفاء بهذه المتطلبات. أمرٌ واحدٌ بات واضحاً، وهو أنْ كلَّ ما عسانا أن نفعله سيتناقض حتماً مع النسبية الخاصَّة. ولكن النسبية الخاصَّة، كما رأينا سابقاً، تنشأ عن مبدأيْن مستقلَّيْن، أحدهما نسبية الحركة، والآخر ثبات سرعة الضوء. وقد

يكمن أحد حلول لغزنا في إسقاط نسبية الحركة؛ فقد يصبح الراصدون عند مستويات السرعة العالية جداً مُدركين لحركتهم المطلقة، ثم يحصل شعورٌ بنوعٍ من الرياح الأثيرية ether wind، قبل أن تدرك كورنيليا أخيراً أنَّ المزارع كانَ ساكناً في الوقت الذي كانت فيه هي تندفع بسرعةٍ هائلة.

هذا احتمال واضح، إلا أنّا قرَّرنا الأخذَ بالبديل الواضح الآخر: وهو استبقاء نسبيَّة الحركة، ولكن مع قبول فكرة عدم ثبات سرعة الضوء عند مستويات الطاقة العالية جداً. وبذلك تقترب نظريةُ السرعة المتغيِّرة للضوء من موضوع مناقشاتنا.

وبإدخال الحدّ الأدنىٰ من التعديلات على النسبية الخاصَّة، سرعان ما أصبحنا قادرين علىٰ استنباط نظير تحويلات لورنتس Lorentz transformations في نظريتنا. وكانت تلك تجربةً ممتعةً لنا، حصلنا فيها علىٰ معادلاتٍ جديدةٍ أكثر تعقيداً (وهي ما نسميه التحويلات اللاخطّية nonlinear transformations لكنها في الوقت نفسه منسجمة قدر الإمكان مع النسبية الخاصَّة والعامة كلتيهما. وطبقاً لتحويلاتنا يصبح المكانُ والزمان أقلَّ مرونةً كلما اقتربنا من Lp أو tp، وكأنَّ سرعة الضوء تغدو أكبر فأكبر مع اقترابنا من الحدِّ الفاصل بين الثقالة التقليدية classical والثقالة الكمومية quantum. فعند هذا الحدّ تبدو سرعةُ الضوء وقد أصبحت لا نهائية، ويكون عندئذٍ بالإمكان استدراك المكان والزمان المطلقَيْن، لا بصورةٍ عامة، بل لمرّةٍ واحدةٍ معيَّنةٍ من الطول والزمن ـ Lp وtp حيث يتَّفق الجميعُ علىٰ ما ينتمي إلى الثقالة التقليدية والثقالة الكمومية. وهنا رسَمت نظريتُنا حدّاً فاصلاً لا لَبْس فيه بين المجالين.

وقد أمست علاقةُ أينشتاين الشهيرة $E=mc^2$ بالنسبة إليَّ رمزيةً إلىٰ درجةٍ جعلتني لا أتمالك نفسي عن الشعور بسعادةٍ غامرةٍ عند العمل علىٰ نظيرتها في نظريتنا. ومع أنَّ في عملنا هذا خَرقاً صارخاً للرياضيات في كتابٍ من هذا النوع، إلا أني سأطرح أمامك هاهنا صيغةَ نظريتنا الجديدة، وأستميحك صبرك الجميل، فانظر إليها:

$$E = \frac{mc^2}{1 + \frac{mc^2}{E_p}}$$

(وتمثِّل c هنا القيمةَ شبه الثابتة لسرعة الضوء c عند مستويات طاقةٍ منخفضة) ومع يقيني بأنها ليست بمستوىٰ جمال وبساطة علاقة أينشتاين، أقول إنك إذا كنتَ علىٰ درايةٍ بشيءٍ من أساسيّات الرياضيات فستدرك علىٰ الفور خاصيَّةً بارزةً في هذه العلاقة: فمع انطلاق كورنيليا بسرعةٍ فائقة، قد تلحظ أنَّ إلكتروناً ساكناً في المزرعة يبلغ مقدار الكتلة التي تنشدها فيما إذا تحرَّكت هي بسرعةٍ مناسبة. وهذا يعني وفقاً للعلاقة المعتادة: $E=mc^2$ أنَّ كورنيليا قد ترىٰ الإلكترون بطاقةٍ أكبر من Ep، وبذلك نصل إلىٰ النتيجة المربكة من أنها لا تتَّفق مع الفلاح فيما يتَّصل بالحاجة إلىٰ الثقالة الكمومية لفهم كنه ذلك الإلكترون.

والأمر ليس كذلك في صيغتنا الجديدة! صحيحٌ أنَّ m ليست معدَّةً لتناسب حالة كورنيليا بخاصَّة، غير أنَّ معرفةً أساسيةً في الرياضيات حريَّةٌ بأن تُظهِر أنَّ طاقة الإلكترون E (بمقتضىٰ علاقتنا) لا يمكن أبداً أن تكون أكبر من Ep. وبذلك يتفق المزارعُ والبقرةُ علىٰ غياب السلوك التثاقليِّ الكموميّ في ذلك الإلكترون.

وفي هذا السياق نذكر أنه في أثناء حقبة الحرب الباردة، كان علىٰ كلِّ فيزيائيٍّ، في كلِّ مرةٍ يصل فيها إلىٰ نتيجةٍ جديدة، أن يُبادر إلىٰ استقصاء تطبيقاتها العسكرية؛ ينطبق ذلك علىٰ الفيزيائيِّين الأمريكيّين بخاصَّة. وقد أخبرني نيل تورُك أنه كان يوماً في مؤتمرٍ مع إدوارد تيلر Edward Teller. وفي حديثٍ دار بينهما علىٰ العشاء أخبرَ تورُك الفيزيائيَّ الكبير بأنه يعمل في مجال أحاديّات القطب المغنطيسي. ولشدِّ ما كانت دهشتُه عظيمةً عندما رأىٰ تيلر وقد بدأ علىٰ الفور بحساب كميَّة الطاقة التي يمكن أن تتحرَّر بفعل قنبلةٍ أحادية القطب المغنطيسي.

إنَّ مثل هذه المواقف تبدو بالتأكيد مضحكةً في أيامنا هذه. ومن باب الدعابة حسبتُ لصديقي (لي) كميةَ الطاقة التي يمكن أن تنطلق بفعل قنبلةٍ ثقاليةٍ

كمومية وفقاً للصيغة الرياضية التي انتهينا إليها. تُرىٰ ما مبلغ الثروة التي يمكن أن يختصرها الرجلُ الفاحشُ الثراء باعتماد نظريتنا؟

لنفترض أنَّ مسرِّعاتٍ accelerators فعّالةً تمكَّنت من إنتاج عددٍ كبيرٍ من جُسَيْمات كتلة پلانك Planck mass particles، وأنَّ قنبلة صُنِعت ـ بطريقةٍ أو بأخرىٰ ـ من هذه الجُسَيْمات. إنَّ قنبلةً كهذه ـ وفقاً لنظريتنا ـ تحرِّر بالضبط نصف الطاقة التي يحرِّرها سلاحٌ نوويٌّ تقليديٌّ له الكتلةُ الإجمالية نفسها. وبعبارةٍ أخرىٰ، فإن فاعلية مثل هذا السلاح التثاقليِّ الكمومي الباهظ التكلفة تساوي بالضبط نصف فاعلية سلاحٍ نوويٍّ تقليديٍّ أرخص كلفةً بكثير. هذا علماً بأنَّ النتيجةَ قد تكون أسوأ من ذلك في حالة استعمال جُسَيْماتٍ أكبر كتلةً (كأن تكون الكتلُ المستعملةُ أكبرَ من كتلة پلانك ضعفين أو ثلاثة أضعاف). وأغلب الظن أنَّ كبار الجنرالات ليسوا مغفَّلين حتىٰ يستأجروا خدماتي أو خدمات (لي)، وذلك ما أسعدني(*).

ما إن بدأ عملُنا هذا يتبلور وينتظم، حتى حدث في صيف سنة 2001 ما لم يكن بالحسبان: فقد غادر (لي) جامعةَ إمپريال! وبمغادرته انفرط عقد الجامعة، فلا يُرىٰ لها بعدُ هويةٌ مميَّزة. وكان جدلٌ عنيفٌ قد احتدم علىٰ أُسلوب التحكُّم بأمواله الخارجية، إلا أنَّ «العاهرة» رفضت أن تتخلّىٰ عن مكاسبها، ولم ينل «السماسرة» ما يرضيهم.

وتبيَّن أنَّ هذا ليس إلا مضايقةً بسيطةً قُصِدَ منها إزعاج (لي) بعد أن عزمَ علىٰ الانتقال إلىٰ معهد پيريميتر Perimeter Institute (PI) في كندا. ولعلَّ السببَ الأساسي لاتخاذه هذا القرار هو أنَّ معهد PI مركزُ بحوثٍ جديد يسعىٰ إلىٰ اعتماد أُسلوبٍ مختلفٍ تماماً عن أساليب المؤسسات العلمية التقليدية. ففي حين تُستحدَث في الإمپريال باستمرار أنماطٌ عديدةٌ من الكلّيات، يحاول معهد

(*) من المؤسف أنَّ احتمال أن تكون Ep سالبة يعكس اتجاه هذه المناقشة، كما ذكرنا في مقالتنا.

PI أن يُبسِّط بنيتَه بالاستغناء عن أكبر عددٍ ممكنٍ من مستويات الإدارة، ويسوِّغ ذلك بأنَّ دقَّة قيادة المؤسسات العلمية يجدر أن تُسنَد إلىٰ العلماء الشباب مادامت جُلُّ الفكرات الجديدة الخلاّقة تصدر عنهم. وكما قال ماكس پيرُتس Max Perutz(*)، فإنَّ سرَّ العِلم الناجح بسيط يكمن في بُعده عن السياسة واللِّجان والمقابلات، واقتصاره علىٰ أصحاب المواهب الإبداعية والهمم العليّة، وهذا كلُّ المطلوب.

ومع أني لا أؤمن بالمثاليات، إلا أني أتمنىٰ من أعماقي لمعهد PI كلَّ التوفيق؛ حسبُ مثل هذه المؤسسات أنها تُظهِر للملأ زيف البيروقراطيات العلمية الفاسدة السائدة اليوم، ولا سيما حيث ضَمِنَ التوسُّع «الانفجاري» في المستويات الإدارية أن يكون الإداريون مسؤولين تجاه إداريِّين أمثالهم فحسب، لا تجاه جمهور الناس الذي يُفتَرض أن ينصبَّ عملُهم لمصلحته. وحتىٰ لو أخفق نموذجُ PI في نهاية المطاف، فيكفيه نجاحاً أنه أشار إلىٰ مواطن الانحراف في البدائل التقليدية، وإلىٰ ضرورة وضع حدٍّ لهذا الانتشار الإداري المتزايد. ولو وُسِّد الأمرُ إليَّ لما تردَّدتُ في طرد أمثال هؤلاء المديرين وإصدار أحكام بسَجنهم باعتبارهم فائضاً لا لزوم له. وقد سبق أن عرفتَ آرائي في مسائلَ كهذه.

في شهر أيلول/سپتمبر 2001 قمتُ بزيارة معهد پيريميتر أولَ مرة، وهناك وضعنا ـ لي وأنا ـ اللمساتِ الأخيرةَ علىٰ نظريتنا. وكان سفري إلىٰ هناك بعد أسبوعٍ واحد من تاريخ هجمات الحادي عشر من سپتمبر، فوجدتُ (لي) على حالٍ من الاضطراب، متأثراً بالأحداث. وكان قد وصل من نيويورك توّاً حيث زار أصدقاء له في تريبيكا Tribeca، وبدا (لي) أنه لم ينَمْ ليلته السابقة، ووجدتني كذلك مرهقاً من السفر. وكانت تلك تجربةً لها خصوصيَّتُها.

(*) ماكس فردناند پيرُتس (1914 ـ) عالم كيمياء حيوية بريطاني (نمسوي المولد)، درسَ بنيةَ خضاب الدم (الهيموگلوبين). (المعرِّب)

ذهبنا إلىٰ خانةٍ لتناول الجعة والنبيذ، ورحنا نستعيد أحداثَ الأسبوع الذي مضىٰ حتىٰ سئمنا من تكرارها، فتحوَّلنا إلىٰ الحديث في الفيزياء، وهو فيما يبدو الميدان المنطقيُّ الوحيد في عالَمٍ من الجنون، فهدأت بذلك نفوسنا.

كنّا مرهقَيْن نغالب النعاس؛ ما إن يصحو أحدنا حتىٰ يجد الآخر وقد غفا. وفي غمرة هذه الظروف البغيضة جاءنا ـ علىٰ غير انتظار ـ الفتح الذي أفضىٰ إلىٰ بزوغ نظريتنا! كم كان ذلك رائعاً حقاً(*).

سُرَّ (لي) كثيراً لما انتهينا إليه من نتائج، ورغب في تقديمها إلىٰ مجلة Nature للنشر، إلا أني أعلمتُه بسياسة «الحظر» التي أفرضها أنا في التعامل مع هذه المجلة. فاقترحَ بديلاً هو مجلة Physical Review، وأخبرني أيضاً أنَّ مجلّة Nature تجرّأت في إحدىٰ مقالاتها الافتتاحية علىٰ اتّهام مجلة Physical Review بأنها عادت لا تنشر بحوثاً إبداعيةً ذات قيمةٍ علمية. وبذلك ظهرَ الآن ما يشبه الصَّدع بين المجلَّتيْن، فضحكنا من ذلك كلِّه، ولا سيما من الشعور المزيَّف بالاعتداد بالنفس، الذي يبديه أولئك الطغام وهم يؤدّون آخر دورٍ لهم في حياتهم في عالَمٍ لا يحتفل بهم ولا يقيم لوجودهم وزناً.

وفي نهاية الأمر قُبلت مقالتُنا للنشر في مجلة Physical Review Letters (بعد ما ألفناه من طول أخذٍ وردّ). ولكن لا بأس.. فالمهمّ أني و(لي) قد تابعنا استقصاء نظريتنا وسُبُل الجمع بين السرعة المتغيِّرة للضوء والثقالة الكمومية، وهذا هو غاية المراد.

وخلافاً لنظرية الأوتار أو نظرية الثقالة الكمومية الحلقيّة، فإنَّ عملنا لا يُقصد منه أن يكون هو النظرية النهائية، بل إنه يفترض أنّا نجهلها. غير أنه يقدِّم ـ استناداً إلىٰ محاكماتٍ عقليةٍ بسيطةٍ جداً ـ ما يمكن أن تفترضه أيَّة نظريةٍ

(*) للمهتمين نذكر أنا تناولنا في هذا المساق البحثَ في فضاء الزخم (القوة الحركيّة) لا الفضاء الحقيقي، ووجدنا أنَّ الطريقة المثلىٰ لإبراز الحدّ الفاصل بين الثقالة التقليدية والكمومية تكون بدلالة الطاقة والزخم. وقد تلبَّثنا عند هذه النقطة التافهة شهوراً.

رصينة. في هذه الأثناء يقودنا عملنا المتواضع إلىٰ تنبؤاتٍ ملموسةٍ لمشاهداتٍ جديدة. فهل سيتسنَّىٰ لنا اختبار هذه التنبُّؤات عمّا قريب؟ في رأيي إنَّ ثمة جسراً بين الثقالة الكمومية والتجربة ـ مهما كان واهياً ـ مازال مفقوداً، ونحن بحاجةٍ ماسَّةٍ إليه.

إنَّ أحداً لا يدري إلىٰ أين سيُفضي هذا العمل، لكن اسمحوا لي أن أختتم بالإشارة إلىٰ لغز الأشعة الكونيَّة المفرطة الطاقة ultra high-energy cosmic rays. تذكَّرْ أنَّ الأشعةَ الكونية جسيماتٌ (لنقل پروتونات) تتحرَّك عبر الكون بسرعاتٍ عاليةٍ جداً. وهي في العادة حصيلة عملياتٍ فيزيائيةٍ فلكيةٍ عنيفةٍ من قبيل انفجار النجوم أو المستعرات الفائقة، أو حتىٰ انفجارات أعظم منها مازلنا نجهل كنهها، تتَّصف بتفاوت مجال طاقاتها، إلا أنَّ التنبُّؤات تقول بحتمية وجود حدٍّ أقصىٰ للطاقة لا تُرىٰ بعدها أشعةٌ كونية.

والسبب بسيط: فالأشعة الكونية تصادف في أثناء انتقالها عبر فضاء الكون الرحيب فوتوناتٍ من فيض الإشعاع الكونيّ الغامر، نسمّيها الفوتونات الليِّنة soft photons، إذا سألتَ عن ماهيَّتها من زاوية پروتون الشعاع الكوني فإنها نشطةٌ جداً. هذا من تنبُّؤات النسبيَّة الخاصَّة المتحصّلة من حسابٍ يسيرٍ باستعمال تحويلات لورنتس.

وكلما ازدادت سرعةُ الشعاع الكوني (أي كان أكثر نشاطاً)، بدَتْ له فوتوناتُ الإشعاع الكوني أصلبَ وأكثر نشاطاً. وفيما وراء حدٍّ معيَّنٍ من الطاقة تتنبَّه پروتوناتُ الشعاع الكوني إلىٰ أنَّ الفوتونات تحمل طاقةً تكفي لسحب المادة من بواطنها، مولِّدةً جسيماتٍ أخرىٰ تدعىٰ الميزونات mesons. ويفقد الشعاعُ الكونيُّ الرئيسيُّ جزءاً من طاقته إلىٰ الميزون. وهكذا تقتطَع أيُّ طاقةٍ تتجاوز عتبةَ توليد الميزونات.

لكنَّ المحيِّر في الأمر أنَّ الأشعة الكونية تُرصَد فعلاً بطاقاتٍ تتجاوز هذه العتبة، وهذا ما يُسبِّب ظاهرةً غير اعتياديةٍ يبدو أنها تستعصي علىٰ التفسير! إلا

أنَّ لحظةً من التفكير تُظهِر في الحال أنَّ حساب طاقة الفوتونات كما تبدو للشعاع الكوني يستلزم الرجوع إلىٰ تحويلات لورنتس. وتفترض المناقشةُ أن تتولّىٰ قوانينُ النسبية الخاصَّة حسابَ منظور البروتون. ولربما كانت هذه القوانين خاطئة، حسبما رأينا (لي) وأنا (وأميلينو ـ كاميليا وآخرون من قبلنا).

هل هذه هي أول عثرةٍ رصديةٍ للنسبية الخاصَّة، وربما دليلٌ آخر يدعم نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء؟ وهل يُحتمل أن تحمل في ثناياها أولَ ملمحٍ لنا في الثقالة الكمومية؟

أما وقد أشرفتُ علىٰ وضع القلم، أرىٰ من الصعوبة تحديد مكان نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء بالضبط، لأنها مازالت في دوّامة التقصّي العلمي. وهي تؤلِّف اليومَ مظلَّةً لنظرياتٍ كثيرةٍ أخرىٰ، كلُّها يتنبّأ ـ بطريقةٍ أو بأخرىٰ ـ بأنَّ سرعةَ الضوء ليست ثابتة، وينادي بضرورة مراجعة مضمون النسبيَّة الخاصَّة. إنَّ بعض هذه النظريات يتعارض مع نسبية الحركة (كالنموذج الذي اقترحتُه مع آندي)، وبعضها لا يتعارض. ويتنبأ البعضُ أنَّ سرعةَ الضوء تتغيَّر في الزمكان (كنظريتي السرعة المتغيِّرة للضوء المعتمدة علىٰ لاتغيُّر لورنتس، وكذلك نظرية موفات). وفي المقابل يتنبّأ آخرون أنْ الضوءَ المختلفَ الألوان ينتقل بسرعاتٍ مختلفة (كالنظريات التي صغتُها مع ستيفُن ولي). ومن المحتمل أيضاً تمويه بعض هذه النظريات للوصول إلىٰ تبدُّلاتٍ زمكانيةٍ ولونيةٍ معاً في سرعة الضوء؛ فبعض هذه النظريات يُصلح كنماذج كونيَّة، وبعضها كنظرياتٍ في الثقوب السوداء، وبعضها الآخر كحلولٍ لمسألة الثقالة الكمومية.

وإنْ هذا إلا غيضٌ من فيض؛ فعلىٰ صفحات شبكة الوِب الخاصة بالفيزيائيين يتوفَّر كمٌّ هائلٌ من المراجع والمصادر في هذا الموضوع. وقد طُلِبَ مني إلىٰ عهدٍ قريب أن أستعرض كلَّ الفِكَر التي اقتُرحت في موضوع السرعة المتغيِّرة للضوء حتىٰ اليوم. آمل أن يكون ذلك شهادةً علىٰ النضج الفكري، لا إشارةً إلىٰ الشيخوخة.

والسبب في هذا التنوُّع الذي ترىٰ هو أنّا ـ ببساطة ـ لا نعرف بَعدُ أيَّ هذه النظريات علىٰ صواب، إن كان من بينها ما هو كذلك. وهناك أيضاً مئاتٌ من نماذج التوسُّع الانفجاري؛ وما لم يقم دليلٌ مقنِع علىٰ التوسُّع، فمن المستبعد أن يطرأ تغيُّرٌ علىٰ الحالة الراهنة. لكن نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء أمرٌ آخر، لأنَّ لديها الكثير مما تقوله الفيزياء التي تقبل الاختبار الفوري، خلافاً لنظرية التوسُّع، دون أن تقتصر علىٰ الظواهر الابتدائية للكون الفتيّ إبان نشأته، وآية ذلك أنَّ السرعة المتغيِّرة للضوء تتكشَّف عن آثارٍ دقيقةٍ في متناول الباحثين التجريبيّين؛ ولعلَّ فيما أجراه [جون] وِب من تغييرٍ في مشاهدات ألفا أوضح مثالٍ مباشرٍ علىٰ ذلك. وقد يحمل التسارعُ الحاليُّ للكون بصمةً أخرىٰ من صنف نظريات التي تتنبّأ بتغيُّراتٍ لسرعة الضوء في الزمكان.

إنَّ هذا الارتباط بالتجربة العملية يتَّخذ حتىٰ الآن شكل «تطلُّعات لاحقة» postdictions، لكن عملي الحالي في نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء مكرَّسٌ في المقام الأول للتنبؤات السَّبْقِية predictions. وليس ثمة أُسلوب أكثر فاعليةً لإسكات المشكِّكين من تنبُّؤ نتيجةٍ جديدة ثم التحقُّق من صحَّتها بطريق التجربة العملية. وفي هذا الإطار أجريتُ، بالتعاون مع جون بارو وهارڤرد ساندڤيك Havard Sandvik من طلابي)، أبحاثاً عديدةً دلَّلنا فيها علىٰ أنَّ قيمة ألفا، مقيسَةً من الخطوط الطيفية التي تنشأ في النجوم المتراصَّة أو أقراص التنامي في الثقوب السوداء، لا بُدَّ أن تكون مختلفةً أيضاً. إنَّ رصد هذه النتيجة قد يُمثِّل تبريراً مثيراً يدعم نظريةَ السرعة المتغيِّرة للضوء وقد وجدنا أيضاً أنَّ بعض نظائر السرعة المتغيِّرة للضوءتتنبّأ بتجاوزاتٍ محدودة لمبدأ گاليليو الذي ينصّ علىٰ أنَّ الأجسام تسقط كلُّها علىٰ منوالٍ واحد. وربما تمكَّنت تجربةٌ (تدعى STEP) عمّا قريب من دحض هذه النظريات التي تعزو تغيُّرات ألفا إلىٰ شحنةٍ إلكترونيةٍ متغيِّرة، لا إلىٰ سرعة الضوء. إنّا ننتظر بصبرٍ نافدٍ ما ستسفر عنه تلك التجربةُ من نتائج.

وقد تبعث الأشعة الكونيَّة المفرطة الطاقة (وأشباهها من الظواهر الاستثنائة التي يكتشفها الفلكيون) علىٰ التعمُّق في النظريات التي تتنبأ بتغيُّرات لونيةٍ في سرعة الضوء. وتُشير هذه النظرياتُ كذلك إلىٰ ظواهر جديدةٍ أخرىٰ مثل تعديل العلاقة $E=mc^2$ الذي ذكرتُه لك آنفاً. وأراني كلما وقعتُ علىٰ تنبُّؤ جديد، سارعتُ إلىٰ البحث عن الفيزيائيين التجريبيِّين ممَّن أتوسَّم فيهم القدرةَ علىٰ قياسه. وكثيراً ما يقولون لي إني مهووس، وأنَّ لا سبيل إلىٰ قياس آثارٍ دقيقةٍ كهذه بالوسائل المتوفِّرة حالياً. إلا أني أظلُّ أكثر تفاؤلاً منهم، ولديَّ إحساسٌ راسخٌ بأنهم أعمق خبرةً وأوسع حيلةً مما يظنّون في أنفسهم. ومَنْ يدري، فلعلَّ البرهانَ علىٰ صحة نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء لن يكون بعيداً جداً.

لكن ماذا لو تبيَّن أنَّ نظريتي خاطئة؟ إنَّ بعض زملائي ـ وهم في الحقيقة قلّة ـ متربِّصون لكي يروا نظريةَ السرعة المتغيِّرة للضوء تسقط علىٰ وجهها، وهؤلاء هم الذين لا يتحلَّون بالشجاعة الكافية للإقدام علىٰ استكشاف أيِّ جديدٍ أو مبتكَر. ومن المؤسف أنَّ بعضَ العلماء ليسوا مستعدّين البتَّة للحَيْد أنملةً عما هو مألوفٌ لهم، سواء في نظرية الأوتار، أو علم الكون المعتمد علىٰ التوسُّع الانفجاري، أو الإشعاع الكوني نظرياً وعملياً. ومن الواضح أنَّ أفكاراً غير مطروقة من قبيل السرعة المتغيِّرة للضوء تُمثِّل لطمةً لكرامتهم، وهم أحرص ما يكونون علىٰ أن يروها وهي تتهاوىٰ، وما علموا أنهم بذلك يُخطئون الغرض؛ فإذا لم يُكتب لنظريتي النجاح، سأُحاول كرَّةً أخرىٰ التقاط فكرةٍ أخرىٰ ربما تكون أكثر غلُوّاً، إذ أنَّ ولوج متاهات العِلم هو ما يجعله جديراً بالمتابعة.

أما لو صحَّت نظريتي، فغنيٌّ عن القول أنَّ أولئك الناس سيتنكَّرون علىٰ الفور لكلِّ ما صدرَ عنهم من افتراءاتٍ عليها، وسيُبادرون إلىٰ اعتمادها وتطبيقها. إنَّهم إمَّعون يؤْثرون التزامَ جانب السلامة، ويحيون حياةً رخيَّة مما يصيبونه من أموالٍ تغدقها عليهم وكالاتُ التمويل والمؤسسةُ العلمية. وأذكر هنا ما قاله جون بارو مرةً من أنه لا بُدَّ لكلِّ فكرةٍ جديدةٍ، في نظر الوسط العلمي، من المرور بثلاث مراحل توصَف فيها الفكرةُ كما يلي:

المرحلة الأولىٰ: إنها ركامٌ من الهراء ننبذه ولا نريد سماعه.

المرحلة الثانية: إنها ليست خاطئةً تماماً، لكنها غير ذات فائدة.

المرحلة الثالثة: إنها من أعظم الاكتشافات طرّاً، وإلينا يعود الفضلُ في اكتشافها.

فإن صحَّت نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء، فلا ريب في أنها ستلقىٰ الكثيرين ممَّن يعيبونها اليوم وقد نكصوا ليُحرِّفوا التاريخَ وليدَّعوا لأنفسهم قصبَ السبق غداً.

ولسوف تراني وقد ركبتُ موجةَ مغامرةٍ فكريةٍ جديدة.



الخاتمة: أسرع من سرعة الضوء

حتىٰ الآن، وهذا الكتابُ يُدفَع إلىٰ المطبعة، لا يعرف أحدٌ هل السرعة المتغيِّرة للضوء نظريةٌ صحيحةٌ أم خاطئة، كما لا يمكن التنبُّؤ بدلالاتها المباشرة: علم الكون، أم الثقوب السوداء، أم الفيزياء الفلكية، أم الثقالة الكمومية؟ ويبقىٰ الدليلُ الرصديُّ الحاليُّ علىٰ السرعة المتغيِّرة للضوء (المتمثِّل بالنتائج التي خلص إليها جون وِبْ وفريقُه، والنتائج التي وفَّرتها المستعراتُ الفائقة والأشعةُ الكونية المفرطة الطاقة) مثارَ خلاف. ولكن حتىٰ لو تبيَّن في نهاية المطاف أنَّ كلَّ هذه المشاهَدات والأرصاد والنتائج وهمٌ ناتج عن أخطاءٍ تجريبية، فإنَّ عدداً من نظريات سيبقىٰ قائماً علىٰ أُصوله، مع أنه سيفقد شيئاً من أهميَّته. ومَن يدري؟ فقد توجد مشاهداتٌ وأرصادٌ أخرىٰ متوارية، لكنها في المتناول تنتظِر أن تُسوِّغ النظريةَ أو أن تدحضها.

وكثيراً ما يسألني الناس: هل الوضع الذي آلت إليه نظريتي محبطٌ لعزيمتي؟ وهل سأشعر بالمهانة لو ثَبتَ بطلانها؟ وجوابي دوماً أنَّ لا وجود لشعورٍ كهذا، فالفشل جزءٌ لا يتجزَّأ من العِلم. لكن المهمّ أن تستمرَّ محاولاً ومجرِّباً لكلِّ جديدٍ من الفِكَر، وهذا ما فعلتُه تماماً في السرعة المتغيِّرة للضوء بقطع النظر عن مآلها. حسبي أنّي جهدتُ وسعَ طاقتي لتوسيع حدود المعرفة، فدخلتُ المنطقةَ المبهَمةَ المعالم، إلىٰ حيث لا يتميَّز صوابُ الفكرة وخطؤها، بل تكون مجرَّد خيالاتٍ من (الاحتمالات). وألقيتُ بنفسي في ظلمات الحدس

والتخمين والتأوُّل، وبذلك أكون قد أسهمتُ في القصة البوليسية الكبيرة المذكورة في كتاب (تطوُّر الفيزياء) الذي أهدانيه والدي منذ سنواتٍ خلت. غير أني لن آسَفَ يوماً علىٰ ما فعلتُ.

وحسبي كذلك أنَّ نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء أتاحت لي التعرُّف إلىٰ كوكبةٍ من صفوة الناس؛ فكلُّ الأشخاص الذين ذكرتهم في كتابي هذا غَدوا أصدقاء لي مقرَّبين أحرص على مواصلتهم جميعاً. وفي هذا وحده سببٌ كافٍ لجعل التجربة قمينةً بالعناء المبذول فيها.

لم أعمل مع آندي بعد ذلك قطّ، لكنه ظلَّ معلّمي المرشد، أطلب مشورته في مسائل رسم السياسات العلمية. ومن الغريب أنَّ مشورته أصبحت منذ عهدٍ قريب تتَّسم بالفوضوية. ومازال لآندي اهتمامٌ خارجيٌّ بنظرية السرعة المتغيِّرة للضوء، إلا أنه التفتَ إلىٰ مسائل تقليديةٍ أكثر شيوعاً، ويعمل حالياً في جامعة كاليفورنيا بديفِس في علوم الكونيات مع مجموعةٍ جديدةٍ من المختصّين، وهو سعيد مع أُسرته في حياته الجديدة. وقد كنتُ أضبطه أحياناً متذمِّراً من أنَّ طلابه الحاليِّين ليسوا علىٰ مستوىٰ أولئك الذين عملَ معهم في أيامه الخوالي في كلية إمپريال.

وانتقل جون بارو إلىٰ كامبردج حيث يقيم في منزلٍ كالقصر، ويتبوّأ منصبَ أُستاذيةٍ في الجامعة. وما انفكَّ يؤلِّف كتاباً وما لا يقلّ عن عشر مقالاتٍ سنوياً، وتابعنا العمل معاً، علىٰ فترات، في شتىٰ ضروب نظريات (الثابت المتغيِّر)، ومنها نظرية السرعة المتغيِّرة للضوء. وهو يتردَّد إلىٰ لندن بانتظام، فنلتقي في مقرّ الجمعية الفلكية الملكية Royal Astronomical Society التي هي بمنزلة نادٍ إنكليزي للخاصّة، ونتجاذب أطراف الحديث ونحن نرتشف الخمرة، ومن ثم نكتب معاً مقالةً جديدةً. يا للأسلوب الإنكليزي في التعاطي مع العلم. . .

أمّا ستيفُن فلم يبرح الإمپريال، إلا أنه يزمع العودةَ إلىٰ الولايات المتحدة كعضوٍ متقدم في الهيئة التدريسية بجامعة ستانفورد، وهو شعلةٌ من النشاط،

شأنه على الدوام، ومنبعٌ لفيضٍ لا ينضب من الأفكار الجديدة في علم الكون ونظرية الأوتار. لم نَزُرْ ملهى (الكرة) منذ حين، لكن ستيفُن منذ أيام لمحَ صاحبَ السموّ (النسر) يقود سيارةً جديدةً فارهةً من طراز BMW. يتهيَّأ ستيفُن لتنفيذ مشروعٍ طويل الأمد، يتمثّل في تدشين معهدٍ جديدٍ للبحوث في ترينيداد هو (معهد الكاريبي للدراسات المتقدّمة) Caribbean Institute of Advanced Study (CIAS)؛ ففي مبادراتٍ كهذه يكمن مستقبلُ العلم.

لكنَّ أقربَ الناس إلىٰ نفسي اليوم هو (لي)، الذي شهدَ معي حصيلةَ التطوُّرات التي عرضتُها قبيل نهاية هذا الكتاب. وما تزال القصّةُ تتوضَّح معالمُها أكثر فأكثر مع استمرار عملنا علىٰ نموذجنا في الثقالة الكمومية واكتشافنا لمزيدٍ من النتائج الهامة. وعادةً ما نلتقي في لندن، أو في معهد پيريميتر الذي تتنامىٰ مكانتُه حتىٰ أمسىٰ واحداً من أبرز المراكز العلمية في العالم اليوم.

ومن أصدقائي المواظبين علىٰ زيارتي أيضاً جون موفات، الذي تقاعدَ من جامعة تورُنتو لكنه مازال مُبدعاً غزيرَ الإنتاج كعادته. والحق أنَّ بعض الأفكار الحديثة النيِّرة في السرعة المتغيِّرة للضوء هي من نتاجه بالتعاون مع زميله مايكل كليتون. وإني دائم الإلحاح عليه بأن يُدوِّن مذكِّراته، فحياته الطويلة غنيَّةٌ بالأحداث السعيدة والمؤسفة علىٰ حدٍّ سواء، إضافةً إلىٰ أنه يُمثِّل آخر حلقةٍ تصلنا بالعهد الذهبي لأينشتاين وديراك وبور وبولي. وأَصْدُقك القولَ إنَّ الأحداثَ التي ضمَّنْتُها كتابي هذا لا تعدو أن تكون جزءاً صغيراً من إسهاماته الكبيرة. وقد أدركتُ الآن السببَ في رغبته عن تدوينها: فالفيزياء ليست إلا جانباً من حياته المتعدِّدة الجوانب، وعندما تتعلّق المسألةُ بجمعها فنحن جميعاً أكبر من الحياة.

وشعوري هو أني قدَّمتُ لك من خصوصيّات هذه الثلّة المتميِّزة من الناس أكثر مما يُنْتَظَر في كتابٍ من هذا النوع. ولعلّي بذلك أبلغتُك الإحساسَ بأنَّ العمل في العلم ليس متعةً فقط، بل هو أيضاً تجربةٌ إنسانيةٌ عميقةٌ تجمع الناسَ

بعضهم إلىٰ بعض على غايةٍ نبيلة. ومن هذا الجانب قد تكون السرعة المتغيِّرة للضوء نظريةً مثيرة، لكنها أبعدُ ما تكون عن الغلواء، حسبما أدركتُ عندما كشفتُ النقابَ عن كتاب طفولتي الأثير (تطوُّر الفيزياء) لأينشتاين وإنْفِلْد في سياق أبحاثي لتأليف هذا الكتاب.

ليوپولد إنفلد Leopold Infeld عالِمٌ پولندي عملَ مع أينشتاين في عدة مسائل علميةٍ مهمَّة في أواخر الثلاثينيات من القرن الماضي، فكان أينشتاين أُستاذَه وموجِّهه. وعندما اتَّضح أنَّ الغزوَ الألمانيَّ لپولندا بات وشيكاً، أدرك أينشتاين ما ينتظر إنفلد لو بقي هذا الأخير هناك. وكان من الطبيعي أن يأخذ أينشتاين علىٰ عاتقه أمرَ إنقاذ صديقه، إلا أنه في أواخر الثلاثينيات قام بدعم هجرة كثيرٍ من العائلات اليهودية، ففقَدتْ عهودُه مصداقيتَها في نظر السلطات الأمريكية، ولم تستجب لمناشدته في مصلحة إنفلد. وسعىٰ أينشتاين إلىٰ إيجاد منصب أُستاذيةٍ لإنفلد في إحدىٰ الجامعات الأمريكية، لكنه فشل في ذلك أيضاً بسبب الظروف العصيبة آنذاك. ومع تزايد التوتُّر في أوروپا بدت حظوظُ إنفلد من النجاح قاتمةً حقاً.

وبدافعٍ من اليأس فكَّرَ أينشتاين بتأليف كتابٍ في العلم المبسَّط بالاشتراك مع إنفِلْد، ولم يكن ذاك الكتاب سوىٰ (تطوُّر الفيزياء) الذي أغراني بجماله الفريد علىٰ أن أغدو فيزيائياً بعد سنوات، وقد كُتِبَ علىٰ عجَلٍ في نحو شهرين فقط، فما لبث أن طارت له في الناس شهرةٌ عريضة وحقَّق نجاحاً منقطع النظير، فصار إنفلد ـ فجاةً ـ مرغوباً فيه لدىٰ السلطات الأمريكية. وأغلب الظن أنه ـ لولا هذا النجاح ـ كان سيؤول إلىٰ مصيرٍ مجهول، مَحِيْقاً في جحيم النازية.

ولئن كانت قصة السرعة المتغيِّرة للضوء غير مثيرةٍ جداً، فأرجو أن أكون قد وُفِّقت في إبراز العلم تجربةً إنسانيةً مجزيةً في المقام الأول، بل لعلَّها أنقىٰ التجارب وأشرف الرسالات علىٰ الإطلاق في عالَمٍ يعوزه الكمال. وأرجو

كذلك أن أكون قد أظهرتُ ما يحدث فعلاً في أثناء عملية استقصاء نواحٍ جديدةٍ في العلم. وأرىٰ أنَّ لا شيء يعدل ما يعزوه إلينا مؤرِّخو العلوم من منطقٍ عقلاني؛ فلو نظرتَ إلى (الفلاحين) مثلاً بدا لك ذلك المنطقُ جزءاً من واقع الحياة، وليس الأمرُ كذلك أبداً في حالة (الروّاد) الذين ينبغي عليهم تلمُّس طريقهم في الظلام، محاولين وجاهدين ومخفقين في كثيرٍ من الأحيان، غير أنهم ماضون في بحثهم بدافعٍ من حبِّهم للعلم لا يثنيهم عن مقصدهم عائق.

وفيما أنا أخطُّ كلماتي الأخيرة هذه تحت السماء الزرقاء في غرب إفريقية، أتذكَّر امرأةً عجوزاً قابلتُها أمسِ في قريةٍ نائية، وهي أمُّ جدَّة صديقٍ لي في أواخر العقد الثاني من عمره. وما من أحدٍ يعرف سِنَّها علىٰ وجه الدقة؛ إذ لم يكن في أيامها مَنْ يحصي السنين أو يؤرِّخ للبُعد بين المهد واللَّحد. بدت لي العجوزُ حكيمةً وآسرةً وهي تحدِّثني بصوتٍ هادئٍ عميقٍ تمتزج فيه أصواتُ ماندينكا Mandinka الموسيقية مع همهماتٍ وانقطاعاتٍ معبِّرة، وهي تنظر حواليها بعينين حائرتين (وقد عرفتُ فيما بعدُ أنها لا تبصر).

وجدتُ المرأةَ مولعةً بتذكُّر أيام شبابها، شأن كثيرٍ من المسنّين. عادت بذاكرتها إلى زمنٍ قديم لم يكن يُرى فيه شخصٌ أبيض واحد في تلك القرية (مع أنَّ گامبيا Gambia في نظر الإنگليز كانت مستعمرةً بريطانية). زعمت العجوزُ أنَّ الحياةَ كانت فيما مضىٰ أيسر، والناس أسعد حالاً؛ وعندما سألتُها عن السبب أجابت: «بسبب وفرة الأرُزّ».

وذكَّرني تجوالي في القرية أيضاً بالبحّارة البرتگاليّين في القرن الخامس عشر عندما كانوا يُقايضون القبائلَ الإفريقيةَ المحلّية بالمرايا الرخيصة في مقابل الذهب. وكان البحّارةُ يظنّون أنهم بذلك يخدعون أهل إفريقية، ولكن بشيء من التأمُّل نرىٰ أنَّ قيمةَ الذهب قيمةٌ تقليديةٌ محضة تقوم على عُرفٍ غير مكتوب، خاصٌّ في الأصل بحضارتَيْ أوروبا وآسيا. ومع أنَّ آراء الوجهاء من الإفريقيِّين في تلك التجارة المزدهرة لم تصلنا مكتوبة، إلا أنهم علىٰ الأغلب

كانوا يعتقدون أنهم يخدعون البحّارةَ بإعطائهم قطعاً صخريةً غير ذات قيمة، مقابل أدواتٍ تعينهم علىٰ رؤية صُوَرهم منعكسةً فيها.

وكثيراً ما تنشأ صورةٌ مضلِّلةٌ مماثلةٌ من الخداع (الثقافي) بين العلماء ومؤسسة أرباب النفوذ؛ إذ توحي إليهم نفوسُهم أنهم يملكوننا، في حين نرىٰ في أنفسنا أنّا نمتلك كلَّ شيء، ولا نظنُّ فيهم خيراً، بل نرىٰ فيهم حفنةً من الحمقىٰ المأفونين. صحيحٌ أنَّ في أيديهم مقاليد الأمور وأسباب القوة والنفوذ والنجاح من أيسر السُّبل، إلا أنّا نعتقد أنهم مخدوعون مضلَّلون؛ فنحن ـ الذين نحبّ التعامل مع المجهول بعيداً عن السياسة والنزعات والتوجُّهات المتعصِّبة ـ خليقون بأن يكون لنا القولُ الفصلُ في خاتمة المطاف. إنّا نعشق عملنا عِشْقاً فوق ما يمكن أن تُعبِّر عنه الكلمات، فَنَرِثُ بذلك كلَّ متع الكون ومباهجه.

عرفان بالجميل

ما كان لكتابي هذا أن يرىٰ النور لولا مساعدة كيم باسكرڤيل Kim Baskerville، وأماندا كوك Amanda Cook، وسوزان رابينر Susan Rabiner، واللواتي علَّمْنَني أن أقرأ وأكتب هذه اللغةَ الجميلة، فلهنَّ أزجي شكري خالصاً كِفاءَ ما أولَيْنَني من صبرٍ وطول أناة، مع كلِّ ما انطوى عليه ذلك من صعوبةٍ ومشقة.

ولم يكن للكتاب أن يبرز إلىٰ الوجود أيضاً دون شخصياته؛ فأتقدَّم بالشكر الجزيل إلىٰ صحبي ورفاق طريقي: آندي ألبرخت Andy Albrecht، وجون بارو John Barrow، وجون موفات John Moffat، وستيفُن ألكسندر Stephon Alexander، ولي سمولين Lee Smolin، وجميعهم كبار القدر في المجتمعات قبل أن يكونوا كباراً في العلم وسدنةً له، وأنا أعتزُّ بصداقتهم الطيبة.

وتقتضي الأمانةُ القولَ إنَّ نشرَ فكرة السرعة المتغيِّرة للضوء لم تكن لتدور في خَلَدي لولا ما أحدثَتْه من وقعٍ في الأوساط الإعلامية. إني مدينٌ من هذه الناحية لكثيرين في بلدانٍ عدة، وعلى رأسهم منتج ومخرج الفيلم الوثائقي (خطأ أينشتاين الفادحُ) ديڤيد سِنْگْتُن David Sington الذي دلَّني علىٰ الطريق إلىٰ هذا الكتاب.

وفي أثناء تأليف الكتاب ألقيتُ عدداً من المحاضرات المدرسيَّة؛ ولعلَّ

تلامذتي لم يدركوا أني كنتُ أستعملهم كحقولٍ للتجارب لاختبار صحّة أفكاري. أشكرهم جميعاً ولا سيما المتميِّزين منهم، فقد كانوا كلما حِذْتُ أعادوني إلىٰ الجادّة.

وأتوجَّه بالشكر كذلك إلىٰ كلِّ مَنْ أسهمَ في مراجعة مسوَّدات الكتاب وتدقيق تجاربه الطباعية، وأبدىٰ آراءً سديدةً وتعليقاتٍ مفيدة: كيم وديڤيد وآندي وجون (بارو) وجون (موفات) وستيڤُن ولي.

لم أنجز في لندن إلا جزءاً يسيراً جداً من الكتاب، إذ كنتُ أتوخّىٰ إخفاء ما أكتبه من بحوثٍ علميةٍ ما استطعت. ونتج عن ذلك أن تَبَعْثَرتْ مسوَّداتي في كلِّ مكانٍ بغير انتظام إمعاناً في إظهار ميولي الفطريِّ في التنقُّل والترحال. فأحبُّ هنا أن أُنوِّه بفضل كلِّ مَن استضافني حيثما ذهبتُ فأحسنَ وفادتي، وأخصّ منهم جيانا تشيللي Giana Celli من مركز روكفلر Rockefeller في بيلاجيو Bellagio.

وأختتم بإهداء كتابي هذا إلىٰ والدي كَستوديو ماگيويجو Custodio Magueijo، الذي قدَّم لي كلَّ تلك الكتب الطريفة عندما كنتُ طفلاً. إني مدينٌ بالجميل لكلِّ من ذكرتهم آنفاً، لكني مدينٌ له بالإحسان فوق كلِّ واحد.

كلمة شكر

أُودّ أن أشكر كلاً من:

* پول توماس Paul Thomas على الرسوم الرمزية الواردة في الفصل الثاني؛

* مايلين سانتشو Meilin Sancho على صورتَيْ آندي ألبرخت وستيفُن ألكسندر الفوتوگرافيَّتين؛

* استديو پمْبرِي Pembrey (كامبردج) على صورة جون بارو؛

* پاتريسيا موفات Patricia Moffat على صورة زوجها؛

* دينا گرايسر Dina Graser على صورة لي سمولين؛

* اتحاد مراكز بحوث الفيزياء الفلكية على صورة المجرَّة NGC6070.

* لوپيز ـ كروز Lopez-Cruz وشِلدون Sheldon وNOAO/AURA/NSF على الصورة الضوئية لحشد كوما؛

* مركز ROSAT للمعطيات العلمية ومعهد ماكس ـ پلانك لفيزياء ما وراء الأرض على الصورة السينيّة للحشد نفسه؛

* مركز Goddard الفضائي ومجموعة COBE العلمية على خريطة DMR.



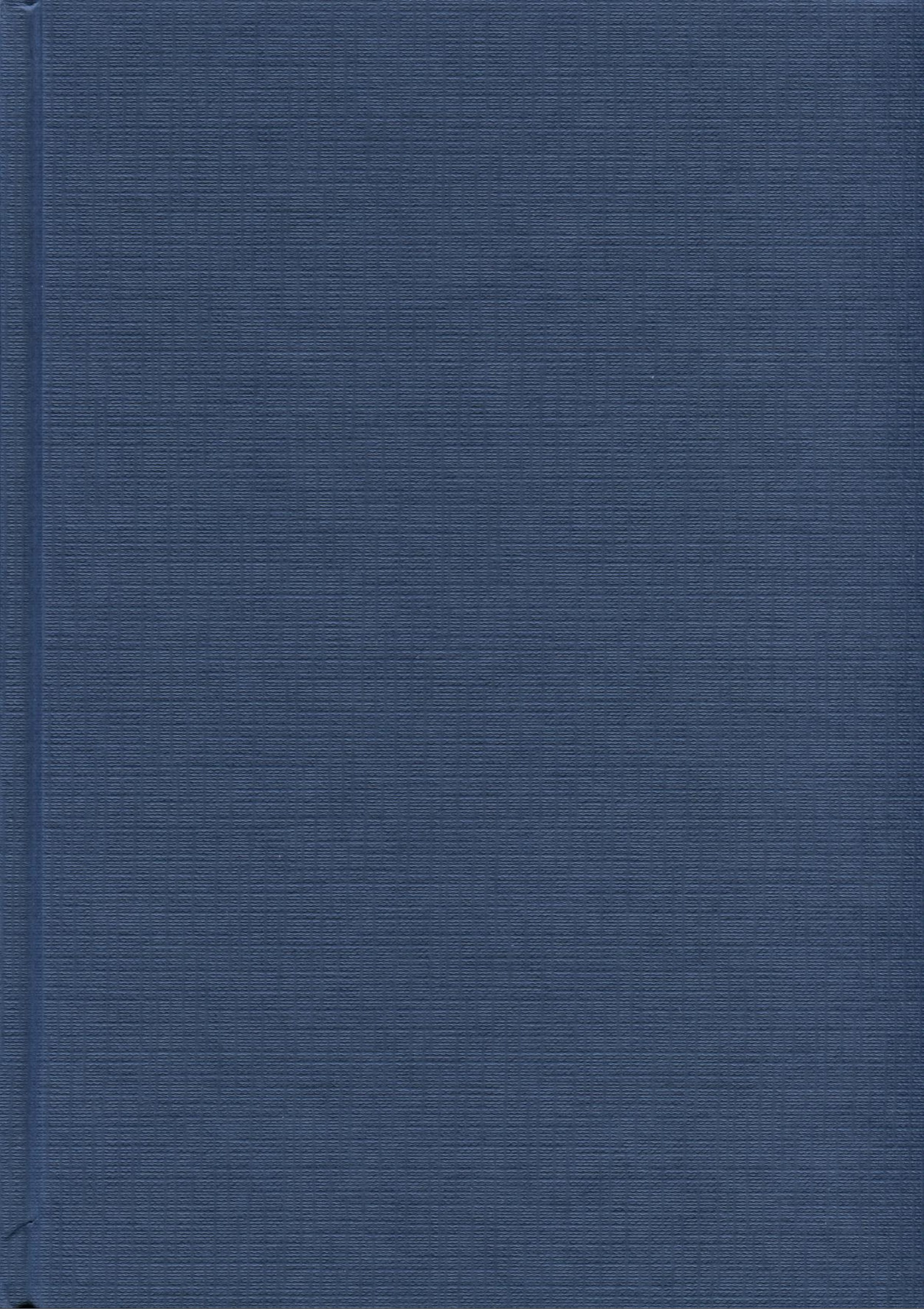
المؤلّف

جُواو ماگيويجو أُستاذ الفيزياء النظرية في جامعة إمپريال كولِدج بلندن، حيث كان عضواً في هيئة البحث بالجمعية الملكية مدة ثلاث سنوات. وهو الآن أُستاذ زائر في جامعة كاليفورنيا/ بيركلي وجامعة پرِنْستون. حصل على درجة الدكتوراه في الفيزياء النظرية من جامعة كامبردج.



فهرس





المتفاوتة للضوء قد تساعد في الكشف عن النظرية الموحَّدة الكبرى التي فات أينشتاين نفسَه التنبُّه إليها.

ولسنا هنا بصدد القول إن ماگيويجو على صواب وأينشتاين على خطأ، فهذا غير مهم؛ بل إن الكتاب يتناول أفكاراً معيَّنة وموقعها من الكون. وهو يبحث في العوامل التي تقارب بين العلماء فتتضافر جهودهم، وتلك التي تباعِد بينهم فيتنافرون. إنه كتابٌ عن السعي الجاهد ليتقبَّل الناسُ فكرةً تطرحها بقبولٍ حسن، وما هو ــ في جوهره ــ إلا تدوين لرؤيةٍ علميةٍ ذاتية.

والكتاب أيضاً قصة رجلٍ في محاولةٍ غير اعتياديةٍ لفك مغاليق الطبيعة الحقيقية للكون. وفي إبان مسعاه لبلوغ ذلك يجد ماگيويجو إلهامه في أبعد الأماكن احتمالاً وأقلّها واقعية. من ذلك: مراقبة نفرٍ من المتهتّكين الذين أخذتهم النشوة وهم يلوّحون بأيديهم وداعاً للشمس الجانحة إلى المغيب في موقع گوا الهيبّي النائي؛ ومنه: الخوض في موضوع نظرية الأوتار مع زميلٍ في حانةٍ متداعيةٍ في نوتنگ هيل؛ ومنه أيضاً: عبور الميادين الرياضية لمدينة كامبردج مشياً في يومٍ كئيبٍ ماطر...

ويتجرّأ جُواو ماگيويجو، شأنَ ريتشارد فاينمان وآخرين مِن سَلَفه، ليتحدّى مبادئ راسخة الجذور منذ زمن طويل، في كتابه هذا الذي يحكي قصة تلك الرحلة، وهي قصة ما زالت تنجلي حقائقُها وتنحلُّ عُقَدُها شيئاً فشيئاً.

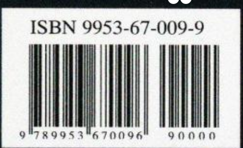
مؤلف الكتاب

جُواو ماگيويجو أستاذ الفيزياء النظرية في إمپيريال كوليدج في لندن، حيث كان عضواً في هيئة البحث بالجمعية الملكية مدة ثلاث سنوات. وهو الآن أستاذ زائر في جامعة كاليفورنيا ــ بِركلي وجامعة پرِنْستون. حصل على درجة الدكتوراه في الفيزياء النظرية من جامعة كامبردج.

صَمَّم الغلاف : Kimberly Glyder

صورة المؤلف : Lisa Angelo

علي مولا



موضوع الكتاب : قصّة توقّعات مثيرة في الكون

موقعنا على الانترنت:
http://www.interculturalbooks.com